



**Universidade de Aveiro**  
2018

Departamento de Economia, Gestão,  
Engenharia Industrial e Turismo

**MÓNICA  
SARABANDO RÉ**

**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO CONTEXTO  
DA INDÚSTRIA 4.0: UMA ABORDAGEM LEAN  
AOS FLUXOS DE INFORMAÇÃO PARA O  
CÁLCULO DE INDICADORES**





**Universidade de Aveiro**  
**2018**

Departamento de Economia,  
Gestão, Engenharia Industrial e  
Turismo

**MÓNICA  
SARABANDO RÉ**

**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO CONTEXTO  
DA INDÚSTRIA 4.0: UMA ABORDAGEM LEAN  
AOS FLUXOS DE INFORMAÇÃO PARA O  
CÁLCULO DE INDICADORES**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Leonor da Conceição Teixeira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira**  
professor associado com agregação da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Maria Isabel Calapez Cabrita Leal Seruca**  
professora associada da Universidade Portucalense Infante D. Henrique

**Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira**  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

À Bosch pela oportunidade que me concedeu, na pessoa do Eng.<sup>o</sup> Filipe Santos, orientador na empresa. Agradecer o vasto conhecimento transmitido, a partilha de ideias, a responsabilidade depositada e confiança, ao longo do estágio.

À orientadora deste projeto, Prof.<sup>a</sup> Doutora Leonor Teixeira, pela constante disponibilidade e prontidão, pelas sábias contribuições e sugestões, pela partilha de conhecimento, pela exigência, pelo desafio e, sobretudo, pela forte motivação e incentivo transmitidos durante todo o projeto.

A todas as pessoas dentro da Bosch que, de alguma forma contribuíram para este projeto. Em especial, aos meus colegas estagiários, pelo companheirismo, apoio e partilha de saber.

Aos meus amigos e à minha equipa, pela paciência, apoio, força, e companheirismo ao longo destes anos. À equipa universitária pelos momentos bons e pelas muitas conquistas alcançadas.

A toda a minha família, pela presença e encorajamento ao longo de todos os anos de estudante.

Aos meus avós, pelo exemplo que são para mim e por todos os valores que me deixaram.

Às minhas irmãs, Carolina e Raquel, por serem o melhor de todos os meus dias.

Aos meus pais, Natália e Nelson, pelo apoio incondicional, por todas as oportunidades e experiências que me proporcionaram, por todo o conforto, pela lucidez e carinho nos momentos difíceis, pela ajuda e presença constantes, pela exigência e espírito de perseverança que me inculcaram. Obrigada.





## palavras-chave

Sistemas de Informação; Indústria 4.0, Princípios *Lean*; Fluxos de Informação, Processos

## resumo

Atualmente as organizações dispõem de um vasto conjunto de ferramentas e técnicas, com vista à eficiência dos processos e à eliminação de desperdícios, podendo garantir, desta forma, melhores índices de produtividade e melhor qualidade dos seus produtos e/ ou serviços. De entre estas ferramentas, destacam-se as que surgem das práticas *Lean*, os Sistemas de Informação, e as mais recentes que decorrem da crescente inovação tecnológica, como é o caso da Indústria 4.0. Apesar de terem origens diferentes, as três áreas têm como propósito final a melhoria dos processos em que atuam, minimizando as atividades de não valor acrescentado. É nesta base teórica que assenta todo o desenvolvimento prático deste projeto, que tem por objetivo a otimização de um processo de informação relativo à recolha e processamento de dados para o cálculo de indicadores na Bosch Termotecnologia. Em termos metodológicos, e numa primeira fase, foram utilizadas algumas ferramentas para a compreensão, mapeamento e análise do processo, nomeadamente o *Business Process Model and Notation* (BPMN), e o Diagrama de *Ishikawa*. Seguidamente, e após a revisão dos KPIs, conceptualizou-se um SI integrado, por forma a devolver autonomamente, e em tempo real, os indicadores necessários à gestão diária, tendo como base os conceitos da Indústria 4.0. Em termos de contributos, e para além da sua aplicabilidade prática, de referir que este estudo aborda a importância da integração de ferramentas oriundas dos Sistemas de Informação, do *Lean* e da Indústria 4.0, bem como os benefícios que poderão advir da aplicação integrada daquelas ferramentas no contexto prático das organizações.



**keywords**

Information Systems; Industry 4.0;  
Lean Principles; KPI; Information  
Flow; Processes

**abstract**

Today, organizations have a wide range of tools and techniques to increase their processes efficiency and waste elimination, thus ensuring better productivity rates and better quality of their products and/or services. Among these tools, we can highlight those that emerge from the Lean practices, the Information Systems, and, more recently, those emerging from the increasing technological innovation, such as the Industry 4.0 concept. Although their different origins, the three areas have as the final purpose the improvement of the processes in which they operate, minimizing non-value-added activities. These theoretical fundamentals were the basis to all the practical development of this project, whose goal is the optimization of an information process related to data collection and treatment for the calculation of KPIs in Bosch Thermotechnology. Concerning the methodology, in a first phase, some tools were used to understand, map and analyze the process, namely the Business Process Model and Notation (BPMN) and the Ishikawa diagram. Subsequently, and after the KPIs review, an integrated IS was conceptualized to provide automatically and in real time the KPIs necessary for daily management, based on the concepts of Industry 4.0. In terms of contributions, and in addition to its practical applicability, this study addresses the importance of the integration of tools from Information Systems, Lean and Industry 4.0, as well as the benefits than can derived from the integrated application of those tools on the practical context of organizations.



# Índice de Conteúdos

<b>Índice de Conteúdos .....</b>	<b>1</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>3</b>
<b>Siglas &amp; Acrónimos .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo I - Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>I.1 Motivação e Contextualização do Trabalho .....</b>	<b>7</b>
<b>I.2 Objetivos e Metodologia .....</b>	<b>8</b>
<b>I.3 Estrutura do Relatório .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo II – Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>9</b>
<b>II.1 Sistemas de Informação .....</b>	<b>11</b>
II.1.1 Dados, Informação, Conhecimento e Sabedoria .....	11
II.1.2 Conceito de Sistemas de Informação .....	14
II.1.3 Sistemas de Informação nas organizações .....	16
<b>II.2 Lean Manufacturing .....</b>	<b>18</b>
<b>II.3 Indústria 4.0 .....</b>	<b>21</b>
<b>II.4 SI, Lean e Indústria 4.0.....</b>	<b>24</b>
II.4.1 O Lean e os Sistemas de Informação .....	24
II.4.2 O Lean e a Indústria 4.0 .....	27
II.4.3 Sistemas de Informação e Indústria 4.0.....	29
II.4.4 Exemplos práticos da aplicação das três abordagens .....	31
<b>II.5 Modelação de Sistemas e Processos .....</b>	<b>34</b>
II.5.1 Modelação de Sistemas .....	34
II.5.2 Modelação de Processos .....	37
<b>Capítulo III - Conceptualização de um sistema integrado para monitorização de indicadores de desempenho .....</b>	<b>39</b>
<b>III.1 Apresentação da Organização .....</b>	<b>39</b>
<b>III.2 Contextualização do Problema .....</b>	<b>41</b>

<b>III.3 Objetivos e Metodologia do Trabalho Prático .....</b>	<b>41</b>
<b>III.4 Desenvolvimento do Projeto .....</b>	<b>44</b>
III.4.1 Conhecimento e mapeamento do processo atual .....	44
III.4.2 Análise do processo.....	51
III.4.3 Estudo e Revisão dos Indicadores.....	55
III.4.4 Breve Descrição da Solução Proposta.....	58
III.4.4.1 Descrição na perspectiva conceptual .....	58
III.4.4.2 Descrição do Protótipo de Teste ao Conceito .....	63
<b>Capítulo IV - Conclusão, Limitações e Trabalho Futuro .....</b>	<b>69</b>
<b>IV.1 Conclusões .....</b>	<b>69</b>
<b>IV.2 Limitações e Trabalho Futuro .....</b>	<b>70</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>71</b>
<b>Webgrafia .....</b>	<b>76</b>

# Índice de Figuras

Figura 1: Transformação de dados em informação .....	12
Figura 2: Ciclo de vida dos dados. ....	13
Figura 3: Hierarquia DIKW. ....	13
Figura 4: Arquitetura e infraestrutura tecnológica de uma organização. ....	14
Figura 5: Mecanismo de feedback .....	15
Figura 6: Dimensões do Lean Manufacturing .....	20
Figura 7: Tecnologias base da Indústria 4.0.....	23
Figura 8: O modelo de tripla hélice com base em SI, Lean e Indústria 4.0. ....	24
Figura 9: Relação entre Sistemas de Informação e Lean. ....	24
Figura 10: Analogia entre fluxos produtivos e fluxos de informação.....	26
Figura 11: Relação entre Lean e Indústria 4.0. ....	27
Figura 12: Relação entre Sistemas de Informação e Indústria 4.0. ....	29
Figura 13: Exemplo da arquitetura de um sistema integrado.....	30
Figura 14: Fases do desenvolvimento de um SI.....	34
Figura 15: Construção de um Processo de Negócio .....	36
Figura 16: Exemplo de gráfico apresentado na reunião diária, relativo à Eficiência.....	44
Figura 17: Exemplo de gráfico apresentado na reunião diária, relativo aos Lotes Reprovados. ...	44
Figura 18: Indicadores à responsabilidade do Colaborador 1. ....	46
Figura 19: Subprocesso "Trata PPM's". ....	46
Figura 20: Subprocesso "Trata Lotes Reprovados". ....	47
Figura 21: Indicadores à responsabilidade do Colaborador 2. ....	47
Figura 22: Subprocesso relativo ao cálculo da Eficiência.....	48
Figura 23: Subprocesso relativo à Aderência ao Nivelamento. ....	48
Figura 24: Subprocesso referente aos Atrasos da produção.....	49
Figura 25: Subprocesso relativo às paragens de equipamentos. ....	49
Figura 26: Subprocesso referente ao cálculo do Stock em curso de fabrico.....	50
Figura 27: Diagrama de Ishikawa que apresenta as causas raiz dos problemas referidos. ....	51
Figura 28: Folha em que no processo inicial os colaboradores colocavam os dados recolhidos..	52
Figura 29: Exemplo de folha onde são inseridos os dados, depois do redesenho.....	53
Figura 30: Exemplo de gráfico após alterações, relativo à Eficiência. ....	53
Figura 31: Exemplo de gráfico após alterações, relativo ao Work in Progress. ....	54
Figura 32: Indicadores iniciais, respetivas áreas e frequência com que são analisados.....	57
Figura 33: Indicadores e frequência de análise após revisão. ....	57
Figura 34: Interface principal do sistema. ....	59
Figura 35: Interface com janela referente aos KPIs. ....	59
Figura 36: Exemplo de interface de um indicador, neste caso, da Eficiência.....	60
Figura 37: Exemplo de um Relatório gerado pelo sistema. ....	60
Figura 38: Diagrama de Use-Cases da solução proposta. ....	61
Figura 39: Diagrama de componentes do sistema.....	62
Figura 40: Dashboard relativa à Eficiência por período. ....	64
Figura 41: Dashboard relativa à eficiência por dia. ....	64
Figura 42: Dashboard com eficiência por área.....	65
Figura 43: Dashboard com eficiência por área selecionada. ....	65

Figura 44: Exemplo de dashboard principal relativa aos Defeitos de Qualidade. ....	66
Figura 45: Dashboard mostrando a funcionalidade de expansão dos dados relativos aos componentes com mais ocorrências ao nível dos defeitos. ....	66
Figura 46: Interface em que são mostrados os Atrasos da produção por dia ao longo de um determinado mês. ....	67
Figura 47: Interface relativa às Paragens dos equipamentos, em que são visíveis os dois <i>value stream</i> , as horas de paragem e os aparelhos perdidos devido às mesmas. ....	67



# Siglas & Acrónimos

BD – Base de Dados  
BPS – Bosch Production System  
CPS – Cyber Physical Systems (sistemas ciberfísicos)  
DIKW – Data-Information-Knowledge-Wisdom (Dados-Informação-Conhecimento-Sabedoria)  
ERP – Enterprise Resource Planning  
IoT – Internet of Things (Internet das Coisas)  
I4.0 – Indústria 4.0  
KPI – Key Performance Indicator (indicador de desempenho)  
LM – Lean Manufacturing  
LT – Lean Thinking  
MES – Manufacturing Execution System  
OEE – Overall Equipment Effectiveness  
OPL – Open Point List (Lista de pontos em aberto)  
RFID – Radio frequency Identification (identificação por rádio-frequência)  
SFM – Shopfloor Management  
SI – Sistemas de Informação  
TI – Tecnologias de Informação  
TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação  
TPS – Toyota Production System  
UML – Unified Modeling Language  
VA – Valor Acrescentado



# Capítulo I

## Introdução

O presente relatório visa apresentar um projeto desenvolvido no departamento de Melhoria Contínua, na Bosch Termotecnologia SA., em Aveiro, no âmbito de um estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, na Universidade de Aveiro.

### I.1 Motivação e Contextualização do Trabalho

Atualmente as organizações enfrentam grandes desafios devido ao ambiente competitivo e dinâmico que se vive nos mercados. De entre as várias estratégias utilizadas pelas empresas para dar resposta àquela dinâmica, está a procura por soluções que visem a eliminação de desperdícios, focando-se sobretudo em atividades de valor acrescentado (VA).

Por outro lado, nas últimas décadas tem-se assistido a um enorme crescimento na área tecnológica, tendência que grande parte das empresas tende a acompanhar, uma vez que, hoje em dia é comum existir uma forte dependência entre os processos organizacionais e os sistemas de informação (SI). Estes avanços tecnológicos potenciam o aparecimento de novas formas de pensar a indústria tradicional, tendo mais recentemente surgido um novo paradigma, denominado Indústria 4.0 (I4.0). Este novo paradigma pressupõe uma completa integração e digitalização dos processos de uma organização, tendo por base a Internet das Coisas (IoT), os Sistemas Ciberfísicos (CPS) e o *Cloud Computing*. Idealmente, num ambiente de I4.0, os próprios sistemas têm a capacidade de responder autonomamente aos desvios nos processos, comunicar com os equipamentos e pessoas e transmitir em tempo real a informação decorrente desses processos, o que confere grande flexibilidade às organizações.

Esta importância ganha ainda mais relevância numa grande empresa como é o caso da Bosch Termotecnologia em Aveiro, líder do mercado em soluções de fornecimento de água quente residencial.

O presente projeto pretende explorar o potencial da integração de um conjunto de ferramentas, princípios e técnicas vindas de três áreas-chaves, nomeadamente: (i) SI, que têm por objetivo agilizar os fluxos de informação; (ii) I4.0, que através das suas tecnologias visa o aumento da eficiência dos processos e estratégias ao nível da extração, tratamento e disseminação de informações para todos os níveis organizacionais; e ainda (iii) *Lean Thinking (LT)*, cujo objetivo é a identificação e eliminação das atividades/processos que geram desperdício.

Assim, em termos teóricos, são explorados os conceitos, benefícios e vantagens de cada uma das áreas, bem como da integração das três áreas numa lógica de complemento, elevando a eficiência e excelência produtivas a um outro nível. O conteúdo prático do trabalho foca-se num estudo exploratório conducente à implementação de um SI no contexto da I4.0, por forma a melhorar um processo de recolha e processamento de dados para o cálculo de indicadores de *performance*.

necessários para a gestão diária da organização, fazendo uso dos princípios *Lean*. O sistema conceptualizado pretende ser uma solução para otimizar o referido processo, detalhado ao longo do estudo prático.

Sendo a Bosch uma empresa atenta e receptiva à inovação, está também a caminhar para um ambiente integrado, tendo já algumas tecnologias associadas à I4.0 incutidas nos seus processos. Em termos dos princípios *Lean*, por meio do *Bosch Production System* (BPS), estes estão já bastante enraizados na organização, quer nas áreas diretas, quer nas indiretas. Apesar de tudo isto, ainda não se observam evidências da aplicação destes princípios aos fluxos de informação, área que começa a ganhar relevância, devido à crescente dependência das organizações por informação em tempo real dos seus processos produtivos.

Desta forma, pretende-se com o presente projeto contribuir com os primeiros resultados, no que toca à aplicabilidade de ferramentas de três importantes áreas, bem como algumas diretivas para uma implementação futura de um SI integrado no âmbito da I4.0 alinhado com os princípios *Lean*.

## I.2 Objetivos e Metodologia

Tendo em conta o propósito do presente projeto, e no seguimento do que foi referido anteriormente, surgem assim três objetivos específicos no âmbito do trabalho que aqui se descrevem:

1. Melhorar a consistência e rapidez no processamento de dados.
2. Melhorar a visualização dos indicadores e das causas principais dos desvios.
3. Especificar os requisitos e consequentemente conceptualizar um sistema integrado alinhado com os princípios da I4.0, que melhore o processo de apresentação de um conjunto de indicadores (KPIs) no contexto de uma empresa industrial.

Para o cumprimento destes objetivos foi traçado um plano de trabalho, que, com o decorrer do tempo, foi sofrendo alguns ajustes, consoante as necessidades que foram surgindo.

Após a integração na empresa, seguiu-se uma fase de conhecimento de todo o processo, bem como de definição e clarificação dos problemas.

Seguida esta fase, foi efetuado o mapeamento do processo, após acompanhamento dos colaboradores responsáveis, com recurso ao *Business Process Model and Notation* (BPMN). Com esta ferramenta foi possível mapear com exatidão todas as atividades/tarefas levadas a cabo no processo em estudo, perceber os respetivos *timings*, bem como todas as fontes de informação utilizadas. Foram realizadas também reuniões com os colaboradores de forma a recolher a sua perceção sobre o processo, dando-lhes também oportunidade de sugerir algumas melhorias que, com certeza, serão tidas em conta na projeção da uma futura solução.

Paralelamente, e dado o foco do projeto, houve a necessidade de conhecer com algum detalhe os indicadores atualmente utilizados e analisados pela empresa, bem como perceber as fontes de dados para a formulação desses mesmos indicadores e formas de os representar. De salientar

ainda que, no que respeita aos indicadores, para além da análise já referida, fez-se também um estudo quanto à sua relevância, bem como o *timing* de análise e apresentação dos mesmos. Desta análise resultaram algumas propostas de melhoria ao processo, principalmente na forma de visualização dos indicadores e na integração de novos dados relevantes que, até então, não eram considerados.

Finalmente, procedeu-se à conceptualização de uma solução tecnológica capaz de integrar diversas fontes de informação e, assim, devolver o resultado dos indicadores, na forma de gráficos, em tempo real, e de forma automática, com a mínima intervenção humana. A especificação de requisitos e o desenho das interfaces tiveram em conta as necessidades da organização e dos seus utilizadores, tendo sido feito um teste de conceito, suportado num protótipo funcional.

## **I.3 Estrutura do Relatório**

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo que no presente capítulo, apresentam-se as principais motivações, contextualização do problema, objetivos e metodologia adotada.

O segundo capítulo é dedicado à revisão da literatura, abordando o estado de arte sobre os tópicos relevantes que irão servir de base ao desenvolvimento do presente projeto, nomeadamente conceitos relacionados com: Sistemas de Informação, Lean, Indústria 4.0, e ainda, Modelação de Processos e de Sistemas.

O capítulo três será dedicado ao caso prático, incluindo, para além de uma breve apresentação da empresa, toda a descrição detalhada do trabalho realizado ao longo do projeto, em termos de ferramentas e técnicas utilizadas, bem como os principais resultados obtidos.

No último capítulo são descritas as conclusões finais do projeto, bem como as suas limitações e algumas diretrizes para trabalho futuro.



# Capítulo II

## Revisão Bibliográfica

O objetivo da revisão de literatura é o de suportar, através de argumentos teóricos, o estudo prático em desenvolvimento. Este projeto é bastante amplo e, portanto, a base teórica irá incidir sobre diferentes áreas, designadamente:

- Sistemas de Informação e a sua importância nas organizações;
- Metodologia *Lean*;
- Indústria 4.0;
- Relação entre os princípios *Lean*, os sistemas e fluxos da informação e a Indústria 4.0;
- Modelação de sistemas e processos e as suas ferramentas.

### II.1 Sistemas de Informação

Primeiramente irão ser definidos alguns conceitos como dados e informação e como estes podem ser organizados de forma a originar conhecimento e sabedoria. Após esta abordagem, irá ser descrita a utilização dos SI nas organizações, a importância da sua arquitetura, bem como a forma como as empresas utilizam aqueles SIs no suporte à tomada de decisão com vista à obtenção de vantagem competitiva.

#### II.1.1 Dados, Informação, Conhecimento e Sabedoria

Ackoff (1989) define dados como sendo um conjunto de símbolos que representam propriedades de objetos ou eventos. Mais recentemente, Cooper (2017) definiu dados como valores que por si só não têm qualquer significado, mas que, inseridos num determinado contexto, o adquirem. Estes dados podem ser de vários tipos: letras, números, figuras, imagens ou ficheiros de áudio (Rainer & Cegielski, 2010).

Após o seu processamento, os dados adquirem então significado e utilidade, o que vulgarmente se apelida de informação. Stair e Reynolds (2012) definem informação como um conjunto de dados que organizados e processados adquirem valor para além daquele que é o seu valor individual. Este processamento de dados pode incluir técnicas como *data mining*, *text mining*, *web mining* ou técnicas orientadas a bases de dados (Jifa, 2013).

A figura 1 retrata possíveis formas de transformação de dados em informação:

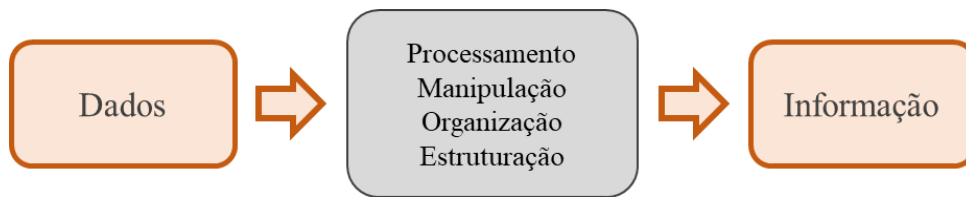


Figura 1: Transformação de dados em informação (Adaptado de Stair & Reynolds, 2012).

O valor da informação está diretamente relacionado com o contributo que esta fornece aos decisores no cumprimento dos objetivos das organizações. Assim, existem algumas características para avaliar o valor da informação, segundo Stair e Reynolds (2012):

- Acessível: esta deve estar disponível aos utilizadores para que a possam obter no formato e momento mais convenientes;
- Precisa: sem erros ou falhas;
- Completa: deve incluir todos os aspetos importantes;
- Económica: a geração de informação deve ser financeiramente viável;
- Flexível: deve ser possível utilizar a informação em diversos contextos ou propósitos;
- Relevante: ao decisor apenas deve ser apresentada a informação mais relevante e indicada à sua tomada de decisão;
- Fiável: informação em que os utilizadores possam confiar;
- Segura: deve ser inacessível a utilizadores sem acesso autorizado;
- Simples: a informação não deve ser complexa sob pena de não se conseguir determinar o que é realmente importante ou o seu significado;
- Oportuna: deve ser apresentada quando é, de facto, necessária;
- Verificável: deve ser possível consultar a veracidade da informação.

A estruturação e organização da informação através de processos cognitivos origina conhecimento (Cooper, 2017). Rainer & Cegielski (2011) definem conhecimento como dados e/ou informação previamente organizada e manipulada, transmitindo compreensão, experiência, aprendizagem acumulada e especialização à medida que se vão aplicando a diversos problemas. Este poderá ser explícito, quando é escrito e pode ser transmitido aos outros, ou implícito quando existe na forma de experiência ou intuição de cada um, o que dificulta a sua transmissão e formalização.

A sabedoria provém então do conhecimento, sendo um conceito mais vago, que eleva o conhecimento a um nível ético e moral, e depende sobretudo da capacidade de julgamento e do nível de conhecimento de cada um (Ackoff, 1989; Rowley, 2007).

O ciclo de vida dos dados, representado na figura 2, demonstra todos os processos que tipicamente ocorrem numa organização, tendo em vista a conversão de dados em informação e desta em conhecimento. O processo inicia-se geralmente pela recolha de dados, armazenamento dos mesmos em bases de dados e o seu posterior processamento através de vários tipos de SIs. Por fim, obtém-se o conhecimento necessário para a tomada de decisão por parte dos decisores.



De notar que, tanto os dados iniciais como o conhecimento que do seu processamento surgiu, deve ser apresentado aos utilizadores finais (Rainer & Cegielski, 2010).

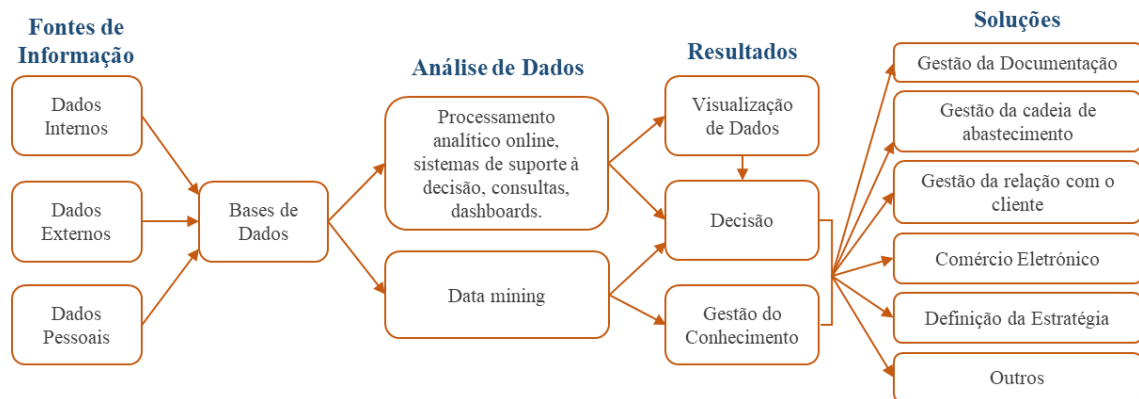


Figura 2: Ciclo de vida dos dados (Adaptado de Rainer & Cegielski, 2010).

A hierarquia ‘*data-information-knowledge-wisdom*’ (DIKW), visível na figura 3, surgiu pela primeira vez em 1987, e sugere precisamente que todas as referidas entidades derivam umas das outras, fazendo assim uma equiparação entre dados, informação, conhecimento e sabedoria como “saber nada”, “saber o quê”, “saber como” e “saber porquê”, respetivamente (Rowley, 2007).

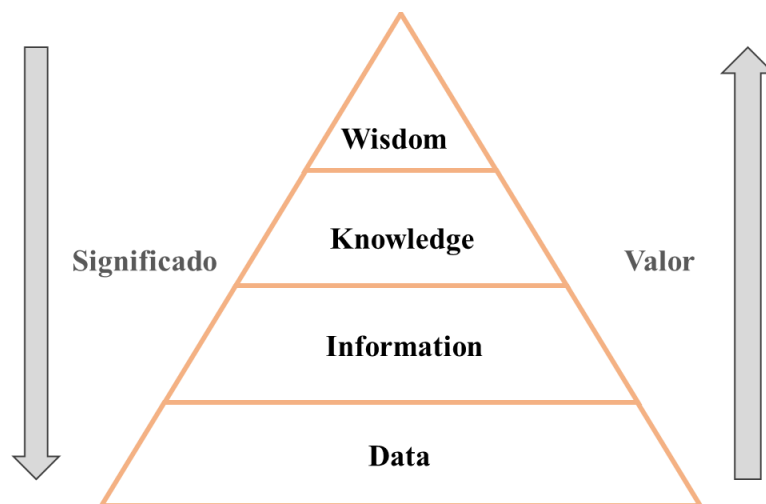


Figura 3: Hierarquia DIKW (Adaptado de (Rowley, 2007).

Face à quantidade e variedade de dados que são gerados hoje em dia em qualquer organização, e ainda, face aos desafios dos mercados, os SI têm uma função cada vez mais preponderante no contexto daquelas organizações. Estes SI podem ajudar a encontrar mecanismos eficientes de gestão da informação, para posteriormente alcançar o último nível da hierarquia e, conseqüentemente, promover a vantagem competitiva.

No subcapítulo seguinte, é abordado com mais detalhe o papel dos SI no processamento dos dados e no suporte à tomada de decisão, assim como, os principais desafios das organizações no que toca aos SI e à sua arquitetura.

## II.1.2 Conceito de Sistemas de Informação

As Tecnologias da Informação (TI) são hoje usadas em todo o tipo de setor de atividade, desde serviços financeiros, governo, serviços de saúde, indústria ou entretenimento. Estas devem ser desenhadas de forma a suportar e facilitar o cumprimento das tarefas por parte dos seus utilizadores, da forma mais eficiente possível (Blijleven, Koelemeijer, & Jaspers, 2017).

Conforme retrata a figura 4, as TI referem-se a *hardware*, *software*, bases de dados e telecomunicações, sendo que a arquitetura das TI se refere a planos ou guias que descrevem as necessidades de uma organização no que toca a soluções de SI. A infraestrutura tecnológica inclui todos os componentes físicos da arquitetura, os próprios sistemas e serviços, assim como as pessoas e procedimentos que suportam todas as atividades da organização (Rainer & Cegielski, 2010; Stair & Reynolds, 2012).

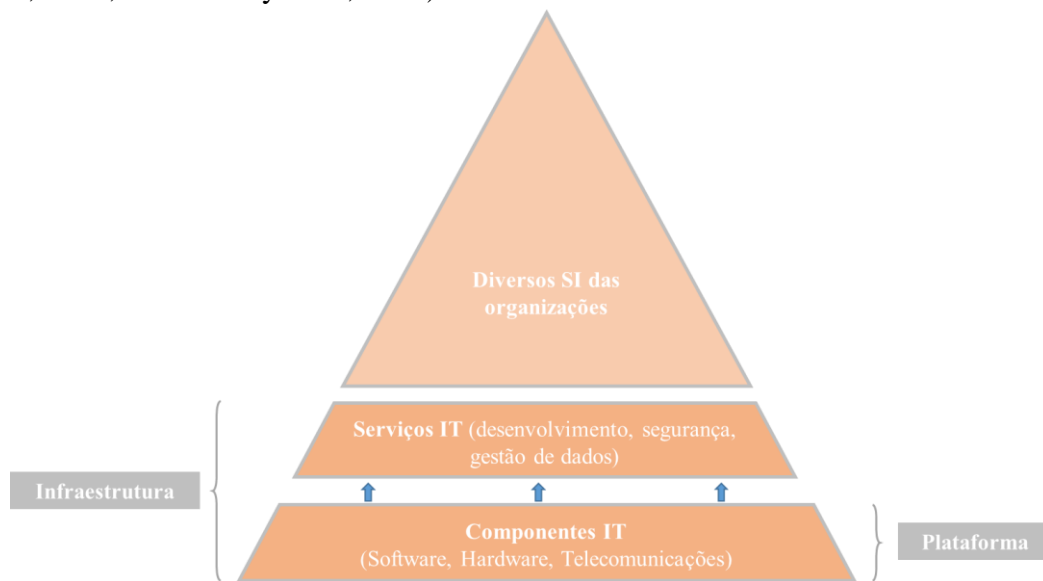


Figura 4: Arquitetura e infraestrutura tecnológica de uma organização (Adaptado de Rainer & Cegielski, 2010).

Um SI pode ser definido como um conjunto de *hardware*, *software*, dados, procedimentos e pessoas, cujo resultado final é informação (Anwar & Masrek, 2014).

De forma mais específica, mas semelhante, um SI pode ser visto como um conjunto de componentes interrelacionados que recolhe (*input*), manipula (processamento), armazena e partilha (*output*) os dados e a informação. Com base nos *outputs* e após o processamento, podem existir ações de ajuste, através de mecanismo de *feedback*, destacado na figura 5:

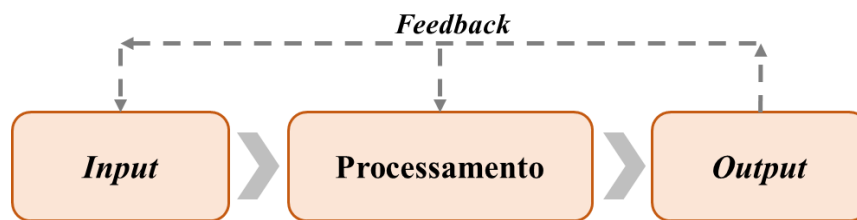


Figura 5: Mecanismo de feedback (Adaptado de Stair & Reynolds, 2012).

- *Input* refere-se à atividade de recolha ou coleção de dados.
- O processamento consiste na transformação dos dados em informação, e envolve essencialmente cálculos ou comparação de valores. Inclui ainda ao armazenamento de dados para uso futuro. Este processamento não é necessariamente efetuado recorrendo a sistemas computadorizados.
- *Output* consiste na produção de informação com valor para a organização, geralmente na forma de documentos, relatórios ou *dashboards*. Por vezes, o *output* de um sistema pode ser *input* para outro.
- O mecanismo de *feedback* consiste em informação devolvida pelo sistema, usada para efetuar alterações aos *inputs* ou às atividades de processamento. Esta informação pode ser útil para os decisores pois, muitas vezes, pode detetar potenciais problemas ou eventos.

Como referido anteriormente, os SI são utilizados nas organizações principalmente em actividades de recolha, processamento, distribuição e disponibilização de dados, de forma integrada e eficiente. A automatização de tarefas de rotina, assim como a supressão das limitações geográficas, permite aos utilizadores um aumento da sua produtividade, refletindo-se na melhoria dos processos que, conseqüentemente, se traduzirá num aumento da eficiência global das organizações (Demoč et al., 2015; Rai, Patnayakuni, & Seth, 2006).

Existem vários tipos de SI, sendo que alguns deles suportam atividades de toda a organização e outros apenas atividades específicas de cada área.

As empresas começaram por desenvolver pequenos sistemas independentes, com vista à eliminação de lacunas de cada área em particular, que foram mais tarde integrados para possibilitar uma maior comunicação entre áreas funcionais.

Os SI mais específicos fornecem informação aos gestores de nível médio/baixo, para planeamento, organização e controlo de operações. Estes sistemas são aplicações especializadas em determinadas áreas, como Contabilidade, Recursos Humanos, Marketing ou Gestão da Produção, desenvolvidas para aumentar a sua eficiência interna.

Os sistemas específicos são particularmente ineficientes quando é necessária a comunicação e interação entre diversas áreas funcionais, como por exemplo em projetos de desenvolvimento de novos produtos. Para suprimir esta lacuna surgiram então os sistemas integrados, possibilitando que todas as áreas tenham acesso aos mesmos dados, e no mesmo formato, o que permite ter uma visão geral dos processos de uma organização. Na prática, significa que uma alteração de dados por um departamento, se reflete automaticamente para os restantes. Os conhecidos sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERPs) são exemplos de SI integrados, sendo atualmente bastante utilizados pelas organizações. A literatura e as evidências práticas indicam fortes vantagens na

utilização daquele tipo de SI, refletindo-se num aumento da produtividade global da organização, na medida em que, com a integração se suprime as típicas lacunas de comunicação entre departamentos (Dennis, Wixom, & Roth, 2012; Shelly & Roseblatt, 2012).

De forma geral, o objetivo de um SI pode ser entendido como “disponibilizar informação correta, à pessoa certa, no tempo exato, numa quantidade adequada e num formato apropriado” (Rainer & Cegielski, 2010), sendo atualmente o ponto mais crítico para a tomada de decisão no contexto das organizações (Pomffyová & Bartková, 2016).

### **II.1.3 Sistemas de Informação nas organizações**

Atualmente as organizações estão sujeitas a determinadas pressões, pelo facto do ambiente de negócio no qual estarem inseridas ser extremamente dinâmico. Muitas das respostas a estas pressões são apoiadas por atividades suportadas por Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (Rainer & Cegielski, 2010). A rápida evolução das novas TIC, principalmente nas últimas duas décadas, originou uma forte dependência das organizações para com as TICs, não só com vista no aumento da eficiência dos seus processos, mas também como fonte de vantagem competitiva (Juwita & Arifin, 2017). Pois, para além de poderem contribuir para a redução de custos e melhoria dos processos, as TIC têm também uma componente importante na aproximação das organizações aos seus clientes, fornecedores e outros parceiros (Ferreira & Cherobim, 2012).

Nos anos 90, as empresas começaram a construir alguns SI, primeiramente baseados em papel, passando gradualmente a informatizar alguns destes sistemas, sendo que a maioria das organizações dispõe, hoje em dia, de inúmeros sistemas nas suas diversas áreas (Demoč et al., 2015).

Na maioria das vezes, não é possível que os gestores tomem decisões tendo como base dados diretamente retirados das fontes de informação, devido à sua quantidade e variedade. Pois, dados isolados podem não representar a realidade de forma fiel. Assim, os dados têm, frequentemente, que ser agregados e processados, de forma a imprimir-lhes o valor necessário para os tornar úteis à tomada de decisão (Buse & Zimmermann, 2012).

A complexidade da estrutura dos sistemas, constitui ainda um desafio atual das organizações, na medida em que, aumenta a quantidade de formatos dos seus *outputs*, podendo provocar ainda, ou o processamento duplicado ou o não processamento de determinados dados (Demoč et al., 2015; Pomffyová & Bartková, 2016).

De acordo com Peppard & Ward (2004), as implicações da falta de um alinhamento estratégico relacionado com os SI e/ou TIC numa organização podem levar (i) a investimentos em sistemas que efetivamente não conseguem suportar as atividades necessárias ao negócio da organização; (ii) à duplicação de dados e recursos para o seu processamento; (iii) a uma gestão da informação ineficiente, com dados inconsistentes; e consequentemente (iv) a uma diminuição da produtividade da organização.

Desta forma, a forte dependência para com os SI, exige às organizações um maior foco na sua estratégia. Estas devem preparar a sua arquitetura de SI e aplicações informáticas ao tipo e à sua estratégia de negócio.

Segundo Juwita e Arifin (2017), o desenvolvimento de um plano estratégico de SI requer uma análise rigorosa das condições da organização, por forma a (i) identificar qual o nível de maturidade da empresa em termos de sistemas e aplicações informáticas; (ii) detetar necessidades que não estão a ser suportadas pelas aplicações atuais; e consequentemente, (iii) monitorizar o sucesso da nova estratégia de implementação. No entanto todos os investimentos efetuados nesta área devem estar alinhados com a estrutura, dimensão e estratégia da organização (Ferreira & Cherobim, 2012), e os resultados devem ser vistos numa perspetiva de melhoria contínua (Demoč et al., 2015).

## II.2 Lean Manufacturing

O conceito Lean apareceu na década de 1980, quando a Toyota começou a chamar a atenção da comunidade internacional, pela eficiência rigorosa e consistência dos seus processos produtivos e produtos. Em 1990, foi lançado o conceito *Toyota Production System* (TPS), também chamado sistema de produção *Lean*, um sistema que tinha como base a redução de todos os desperdícios inerentes aos processos produtivos e que desencadeou uma transformação na filosofia de produção e gestão da cadeia de abastecimento (Liker, 2004), ao nível da indústria numa abrangência mundial.

De acordo com o TPS, existem oito tipos de desperdícios na produção:

- Sobreprodução: produção superior à quantidade encomendada, o que aumenta os custos relacionados com stock e transporte;
- Espera: mau balanceamento das linhas, falta de stock para uma operação, atrasos de processamento, *bottlenecks* que geram tempos de espera nas linhas, do qual não é retirado qualquer valor;
- Transporte ou movimentação desnecessária: transporte ineficiente, movimentos de stock de grande distância;
- Sobreprocessamento ou processamento incorreto: tarefas desnecessárias para processamento de peças que podem gerar defeitos, ou elevar a qualidade de uma peça acima daquilo que era pedido, o que aumenta os custos de produção;
- Excesso de stock: excesso de matéria-prima, stock ou produto acabado, o que causa *lead times* mais longos, danificação de produtos, aumento dos custos de transporte e armazenamento, e até obsolescência dos produtos;
- Movimentação desnecessária: movimentos desnecessários que os colaboradores efetuam nas linhas de produção, tais como, retrabalhos, procurar e empilhar peças, ou mesmo caminhar;
- Defeitos: produção de peças defeituosas, retrabalhos, substituição e inspeção, constituem perdas de processamento, tempo e esforço;
- Desperdício do talento e criatividade dos colaboradores: perdas de habilidade, competências ideias ou oportunidades de melhoria por não envolver ou ouvir os colaboradores nas práticas das organizações (Liker, 2004).

Para combater os desperdícios acima mencionados, Womack & Jones (2005) definiram 5 princípios *lean* que passam por:

- Definição de Valor: o cliente define o valor que pretende para o seu produto. Tudo o que este considere desnecessário, não deve ser incluído e pode ser considerado como desperdício. Ao longo do tempo, as necessidades do cliente vão-se alterando, sendo

então necessário rever o produto final de forma a que este acompanhe essas necessidades.

- Fluxo de Valor: define-se como todos os processos que podem acrescentar valor ao produto final. Através do mapeamento dos processos, definem-se os que não acrescentam qualquer valor, eliminando assim custos com equipamentos, pessoas ou tempo.
- Criação de um Fluxo Contínuo: após a identificação dos processos que acrescentam valor, deve assegurar-se uma produção contínua, sem interrupções, permitindo a entrega rápida do produto no cliente.
- Estabelecer um sistema de produção *pull*: a produção é nivelada de acordo com a procura do cliente, ou seja, apenas se produz o que o cliente deseja. Este sistema permite às organizações a redução drástica de *stocks* e de custos, assim como o nivelamento da sua produção.
- Perfeição: o processo de redução de custos, tempo, espaço e erros não deve ser dado nunca por terminado, procurando sempre formas de melhorar, adicionando valor ao produto e satisfação ao cliente.

Várias práticas e *standards* devem ser implementados nas organizações para que estes princípios sejam alcançados. Shah e Ward (2007), com base em Ohno (1988), definiram dez fatores que permitem quantificar, mensurar e monitorizar a aplicação destes princípios:

- *Feedback* dos fornecedores: fluxos de informação entre as empresas e os seus fornecedores, para *feedback* sobre produtos, resolução de problemas, etc.
- Entrega *Just-in-Time* (JIT) por parte dos fornecedores: apenas a quantidade requerida é fornecida, no exato momento em que o cliente necessita.
- Desenvolvimento de fornecedores: fornecedores devem desenvolver-se em níveis semelhantes aos seus clientes, de forma a evitar níveis de competência diferentes.
- Envolvimento dos clientes: necessidades e expectativas dos clientes devem ser vistas como a primeira prioridade.
- Produção “*Pull*”: como referido anteriormente, uma necessidade de produção transmitida por cartão *kanban*, é propagada por toda a cadeia, contribuindo para a produção *Just-in-Time*.
- Fluxo contínuo: deve ser assegurado um fluxo simples e sem paragens de material, seja matéria prima ou produto acabado, por toda a fábrica.
- Redução do tempo de *setup*: deve existir uma preocupação na redução de tempos preparação aquando da mudança de referência a produzir (por exemplo, tempos de mudança de ferramenta).

- Manutenção preventiva: evitar as falhas de equipamentos através da manutenção periódica.
- Controlo Estatístico de Processos: assumir a importância extrema da qualidade dos produtos, evitando a proliferação de defeitos pela cadeia de valor.
- Envolvimento dos colaboradores: os colaboradores devem sentir que contribuem para o sucesso global da organização, pelo que se deve garantir a sua motivação.

Shah e Ward (2007) aglomeraram os dez fatores associados à monitorização dos princípios *lean* anteriormente referidos, em apenas quatro, dependendo das entidades envolvidas (ver figura 6):

- Fatores relacionados com fornecedores;
- Fatores relacionados com clientes;
- Fatores relativos ao processo;
- Fatores humanos ou de controlo.

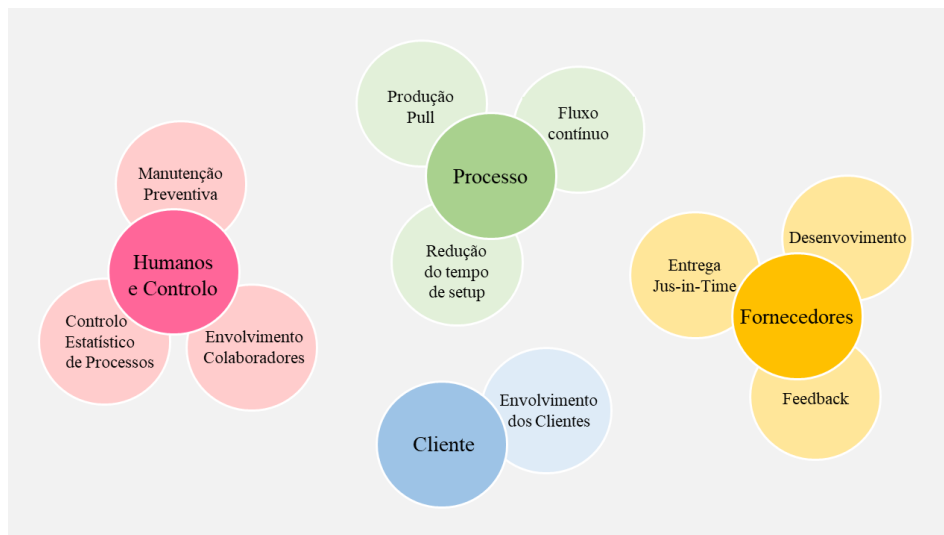


Figura 6: Dimensões do Lean Manufacturing (Adaptado de Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

Em suma, a abordagem Lean consiste na eliminação de desperdícios, focando-se estritamente nas operações que acrescentam valor e na produção de elevada qualidade, de acordo com a procura do cliente (D'Antonio, Bedolla, & Chiabert, 2017). No entanto, apesar do conceito ter surgido no âmbito de processos de produção, hoje é possível aplicar os princípios *Lean* a outros processos, como por exemplo, a fluxos de informação.



## II.3 Indústria 4.0

Ao longo da história, os avanços nas tecnologias produtivas têm-se focado fundamentalmente em três métricas: qualidade, produtividade e custo. Estes três aspetos estão interligados, no entanto, hoje em dia a produtividade ou a eficiência são cada vez mais o foco para o desenvolvimento da produção, enquanto que a qualidade e o custo funcionam como restrições. Assim, os métodos para aumentar a produtividade, são cada vez mais o ponto crítico dos avanços na indústria.

Na primeira revolução industrial, no século XVIII, com a produção do motor a vapor, assistiu-se à passagem dos métodos de produção manuais para a produção através de meios mecânicos, aumentando assim a rapidez de produção e, conseqüentemente, a produtividade. No início do século XX, surge a segunda revolução industrial apoiada na introdução da eletricidade, onde a relevância da produtividade atinge elevados padrões, através da produção em massa protagonizada por Henry Ford. Na terceira revolução industrial, assistimos sobretudo à integração das TICs e de sistemas automatizados nos processos produtivos. Atualmente, estamos perante o surgimento da quarta revolução industrial, a Indústria 4.0, em que a Internet e a interligação de dispositivos inteligentes são métodos utilizados para aumentar a produtividade e flexibilidade dos sistemas produtivos (Chen, 2017).

A Indústria 4.0 é uma iniciativa estratégica com origem na Alemanha em 2013, que se destina então à criação de fábricas inteligentes onde as tecnologias de produção são desenvolvidas e transformadas por CPS (Zhong, Xu, Klotz, & Newman, 2017). A base da I4.0 implica que, através da ligação das máquinas, sistemas e processos, as organizações criem linhas inteligentes ao longo da cadeia de valor (Lee, Bagheri, & Kao, 2015), sendo que o resultado se reflete na resposta autónoma e automática dos processos produtivos às mudanças que possam ocorrer ao longo dessa cadeia (Torbjorn, 2015).

Para a adoção das práticas associadas à I4.0, foram identificados seis princípios que visam conduzir, nos próximos anos, a sistemas operativos inteligentes (Hermann, Pentek, & Otto, 2015; Kagermann, 2015):

- Interoperabilidade: intercomunicação entre sistemas, pessoas e informação de forma transparente, através dos CPS;
- Capacidade para operar em tempo real: recolha, tratamento e disponibilização dos dados em tempo real, permitindo a tomada de decisão também em tempo real;
- Virtualização: monitorização remota de todos os processos, através de sensores presentes em todo o chão de fábrica;
- Descentralização: os CPS são distribuídos de acordo com as necessidades de produção, fornecendo dados para a tomada de decisão. As máquinas, para além de receberem comandos, poderão também fornecer informações sobre o seu ciclo de trabalho;

- Orientação para o Serviço: utilização de softwares orientados também para serviços, juntamente com o conceito de IoT;
- Flexibilidade: processos produtivos moduláveis, que permitam flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas facilmente.

De referir que o conceito I4.0 só surge devido aos inúmeros avanços tecnológicos dos últimos anos nas áreas dos SIs e da engenharia (Santos et al., 2017), representados na figura 7, nomeadamente:

- Internet das Coisas: rede de dispositivos eletrónicos interligados, cujo propósito é recolher, partilhar e processar dados produtivos em tempo real, que se traduzam em informação relevante para a tomada de decisão, e, eventualmente se traduzirá numa vantagem competitiva. Através da instalação de sensores e outros atuadores, é possível ter uma total integração entre processos, máquinas, pessoas e dados (Kagermann, 2015; Zhong et al., 2017);
- Big Data: num ambiente de I4.0, existem enormes quantidades de dados gerados pelos mais variados sensores, máquinas e outros dispositivos da rede, sendo um dos desafios deste conceito, a gestão de todo este volume de dados, que chega em diversos formatos, provenientes de diversas fontes e a alta velocidade (Jesse & Dortmund, 2016; Lee, Kao, & Yang, 2014);
- Realidade Aumentada: dispositivos móveis com sistemas de posicionamento confiáveis, permitem a representação de posição em tempo real em mapas 3D, o que pode ser vantajoso em situações de identificação de materiais ou contentores, ou em atividade relacionadas com manutenção de espaços (Almada-Lobo, 2015).
- Manufatura Aditiva: tecnologias como impressão 3D e os “*smart materials*” permitem criar produtos personalizados com características específicas, reduzindo o tempo e o custo de produção (Dilberoglu, Gharehpapagh, Yaman, & Dolen, 2017).
- *Cloud*: uma produção baseada na *cloud*, é descrita como sendo um modelo de produção em rede com CPSs configuráveis que permitem aumentar a eficiência, reduzir os custos de produção, bem como otimizar a alocação de recursos, respondendo a uma procura variável por parte do cliente (Almada-Lobo, 2015; Jazdi, 2014).
- Cibersegurança: é um dos grandes desafios da era da I4.0, uma vez que qualquer falha de transmissão entre máquinas pode provocar a paragem das linhas de produção. Toda a conectividade existente entre dispositivos, torna mais importante a proteção de dados e controlo de processamento (Sommer, 2015).

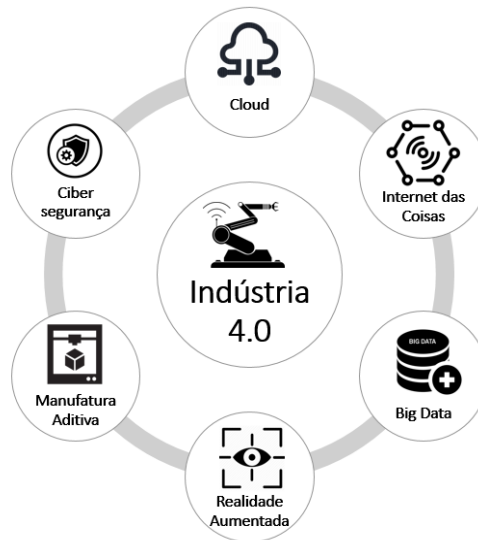


Figura 7: Tecnologias base da Indústria 4.0 (Adaptado de Santos et al., 2017).

O potencial da IoT quando combinado com os CPS permite que os sistemas produtivos controlem, não apenas materiais e dispositivos físicos, mas também grandes quantidades de dados, informação e conhecimento, em tempo real. Segundo Kagermann et al. (2013), este processamento é realizado através de três níveis de integração: integração vertical, integração horizontal e integração ‘extremo-a-extremo’.

A integração vertical diz respeito à conectividade entre todas as áreas envolvidas no ciclo de vida do produto: atividades de marketing, engenharia, produção, logística, entre outros, sendo realizada através de diversas ferramentas como o *Manufacturing Execution System* (MES) e o *Computer-aided Process Planning* (CAPP), ou mesmo sistemas ERP, sistemas que suportam a informação e a sua partilha dentro da organização. Desta forma, os recursos incluindo, os dados, informação, capital e recursos humanos podem ser usados de forma mais eficaz e eficiente. A integração horizontal ocorre quando uma organização está integrada com os seus fornecedores e restantes *stakeholders*, como acontece por exemplo, com a tecnologia de gestão integrada da cadeia de abastecimento na indústria moderna. No entanto, continuam a existir alguns desafios ao nível da eficiência, estabelecimento de padrões comuns, mas que poderão ser ultrapassados, com recurso à implementação de uma base de conhecimento avançada. Na realidade, é necessária uma plataforma de rede de conhecimento comum com protocolos e padrões práticos para aumentar a eficácia e a qualidade da integração horizontal.

A integração extremo-a-extremo, representa, provavelmente, a área mais desafiante na nova era da produção industrial. Em primeiro lugar, no *shopfloor* a integração entre máquinas é necessária para que estas possam ser parte integrante do sistema produtivo. Em segundo lugar, a integração dos clientes no sistema produtivo através de sistemas automáticos, com troca de informação em tempo real entre os envolvidos no processo. Em terceiro lugar, a integração *product-to-service*, permite que o estado do produto seja monitorizado diretamente pelo fabricante, podendo a cadeia de valor ser estendida ao serviço pós-venda (Chen, 2017).

## II.4 SI, *Lean* e Indústria 4.0

Nesta secção pretende evidenciar-se a relação entre elementos que compõem o modelo de Tripla Hélice composto por Sistemas de Informação, Lean Management e Indústria 4.0 (ver figura 8) tendo como base as evidências da literatura.

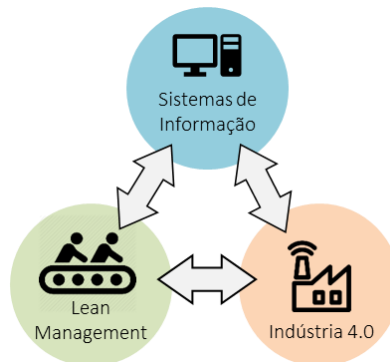


Figura 8: O modelo de tripla hélice com base em Sistema de Informação, Lean e Indústria 4.0.

Na secção II.4.4, são apresentados dois exemplos práticos da implementação destas ferramentas num contexto organizacional real.

### II.4.1 O *Lean* e os Sistemas de Informação

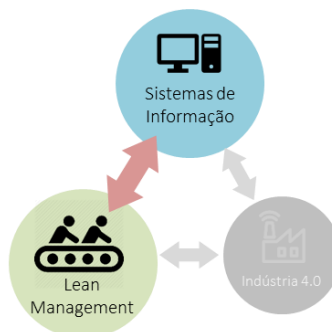


Figura 9: Relação entre Sistemas de Informação e Lean.

Existem alguns processos de geração de dados e gestão da informação, que acrescentam valor através da utilização de diversos mecanismos que organizam e processam dados e representam, partilham e disponibilizam a informação resultante. Num processo de informação, aqueles mecanismos, ou a falta deles, podem gerar desperdícios (Hicks, 2007).

Fazendo o paralelismo com os desperdícios num processo de produção tradicional, é possível identificar esses mesmos desperdícios na utilização de SI e/ou fluxos de informação dentro das organizações (Hicks, 2007; Blijleven et al., 2017; Ibbitson & Smith, 2011):

- Sobreprodução: todo o esforço dedicado à identificação da informação com valor, devido ao elevado volume de informação existente, muita dela sem valor.
- Espera: diz respeito ao tempo necessário até à obtenção da informação, refletindo-se, por vezes, no tempo que uma tarefa ou processo não pode ser efetuado por falta de informação.
- Transporte: consiste no movimento desnecessário de informação entre várias fontes, manifestando-se, por exemplo, na reinserção de informação, por via da incompatibilidade de sistemas ou pela resistência na utilização dos SIs.
- Sobreprocessamento: está relacionado com a falta de informação e as atividades necessárias para colmatar esta falha, podendo incluir a criação de informação nova ou a identificação de informação adicional.
- Inventário: fornecimento de mais informação do que aquela que é necessária para a tomada de decisão num determinado momento. Na prática pode também referir-se, por exemplo, a informação existente, mas não no sítio certo, impedindo o correto decorrer dos processos seguintes que necessitam daquela informação.
- Movimentação desnecessária: consiste em tarefas desnecessárias para a recolha de informação, traduzindo-se, por exemplo, na troca constante entre janelas, *tabs* e alertas ou no excesso de cliques para efetuar tarefas simples ou procurar informação.
- Defeitos: consiste em informação imprecisa, errada ou incompleta.
- Talento e criatividade dos colaboradores: consiste no incorreto aproveitamento dos recursos humanos de uma organização. Manifesta-se na formação e treino insuficiente dos colaboradores e falta de guias de utilização, que os impede de trabalhar na sua máxima eficiência.

De acordo com Hicks (2007), as práticas que têm em vista a melhoria dos processos de gestão da informação, apoiados na utilização de SI, dentro das organizações prendem-se com:

- Melhorar a gestão das fontes de informação: o número de fontes de informação, as ferramentas e métodos para gerar informação, estão a aumentar de forma significativa o volume de informação gerado.
- Melhorar a gestão da informação nos processos de negócio: suporte aos processos de negócio, com a criação e implementação de *software* específico para determinados tipos de processos de negócio ou atividades;
- Melhorar a estrutura de SI: integração dos vários SI num único, em detrimento da utilização de vários SI que satisfazem as necessidades de grupos, departamentos ou processos muito específicos. Um ERP é um bom exemplo da unificação de várias funcionalidades num único SI, capaz de satisfazer uma enorme variedade de processos;
- Avaliação à estrutura de SI: avaliar o alinhamento dos SI existentes com a organização e as suas diversas competências, satisfação dos utilizadores e os seus benefícios. Esta avaliação deve ser realizada depois da implementação do SI e deve ser acompanhada dos

devidos indicadores de performance, de forma a verificar a sua adequação aos objetivos pretendidos.

De acordo, com Hicks (2007), a prática de fluxos contínuos de material entre fornecedor e cliente final pode ser também transposto para os fluxos de informação, focando-se apenas nos processos que acrescentam valor. O processo inicia-se com dados que funcionam como matéria-prima, passando por processos de armazenamento, organização e estruturação, sendo entregue aos utilizadores finais sob a forma de informação. A figura 10 esquematiza essa analogia, comparando os processos no caso de sistemas de produção (onde o conceito Lean surgiu) e os fluxos de informação.

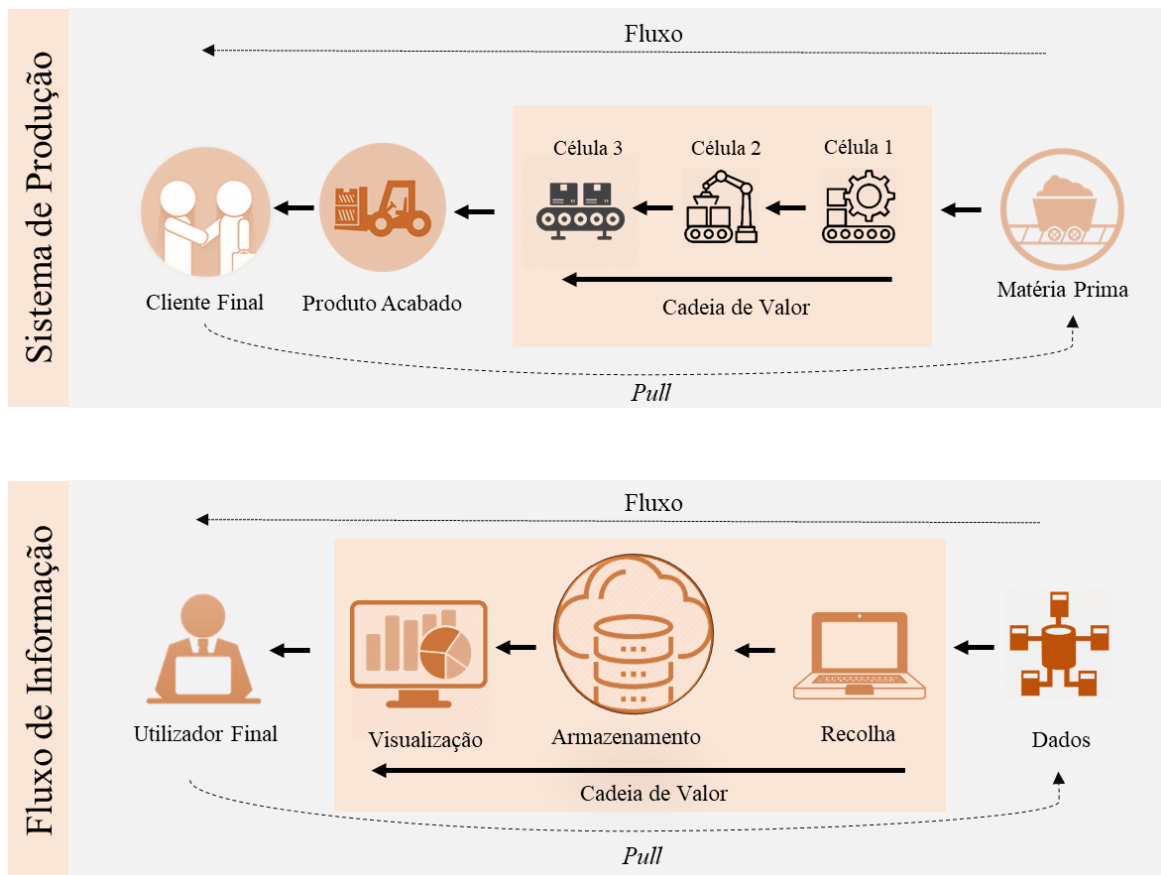


Figura 10: Analogia entre fluxos produtivos e fluxos de informação (Adaptado de Hicks, 2007).

## II.4.2 O *Lean* e a Indústria 4.0

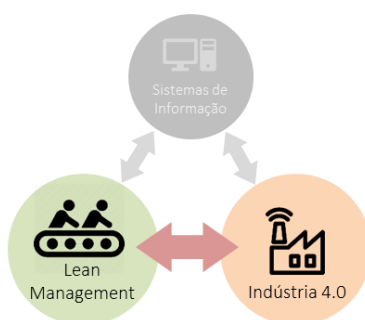


Figura 11: Relação entre Lean e Indústria 4.0.

Numa altura de intensa competição e rivalidade entre as empresas e com a globalização dos mercados, os consumidores podem escolher com cada vez mais liberdade os produtos ou serviços que comprem. Assim, as empresas enfrentam grandes desafios ao nível da diferenciação e personalização de produtos, ao mesmo tempo que deverão manter uma determinada qualidade e custos de produção (Dombrovsky, Richter, & Krenkel, 2017).

Os conceitos de *Lean Manufacturing* (LM) e Indústria 4.0, apesar de surgirem em momentos distintos, têm na sua raiz o mesmo propósito: tornar a produção mais consistente e eficiente, promovendo a fluidez e comunicação entre processos (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

As tecnologias aplicadas no âmbito da I4.0, poderão surgir como soluções para alcançar, de forma mais rápida e eficiente, os princípios da produção *Lean*, como por exemplo o *Just-in-Time*. Alguns métodos como os cartões *kanban* ou os quadros *Andon*<sup>1</sup>, existentes atualmente na maioria das fábricas, consequência da aplicação do LM, poderão ser substituídos por simples fluxos de informação entre máquinas no contexto da I4.0. A conectividade entre áreas, possibilitando a partilha de informação em tempo real, poderá potenciar reações rápidas à dinâmica do mercado e à resolução dos problemas. Com o uso destas ferramentas, as organizações terão excelentes oportunidades para automatizarem alguns dos seus processos, reduzindo a complexidade a eles associados, ao mesmo tempo que eliminam as fontes de desperdício e ineficiência (Torbjorn, 2015).

De seguida, demonstra-se de que forma pode a I4.0 contribuir para os diferentes quadrantes de aplicação do *Lean*, de acordo com os quatro fatores definidos por Shah e Ward (2007).

É crucial uma base de comunicação sólida entre a fábrica e os seus fornecedores, seja para fluxos de materiais ou de informação. Os fornecedores necessitam de estar permanentemente informados sobre as condições dos materiais/produtos por eles fornecidos, o que nem sempre é fácil devido às diferenças de práticas e procedimentos existentes entre produtores e fornecedores.

---

<sup>1</sup> Ferramenta visual associada ao LM que alerta, numa linha de produção, para a necessidade de uma determinada ação e onde deve ser efetuada.

Assim, a sincronização de dados de produção, rastreabilidade das matérias-primas ou produto acabado, através de *cloud computing* e IoT, permite o aumento da eficácia dos fluxos de informação, a entrega atempada de bens e otimização de rotas (Bose & Pal, 2005; Caballero-Gil, Molina-Gil, Caballero-Gil, & Quesada-Arencia, 2013).

Também a integração do cliente nos processos de negócio deve ser, atualmente, uma preocupação das organizações, logo desde as primeiras fases de desenvolvimento dos produtos. A integração de sistemas como o MES ou aplicações B2C, permite que as empresas possam alterar a qualquer momento alguns parâmetros de produção, indo de encontro às necessidades do cliente (Cannata, Gerosa, & Taisch, 2008).

No que diz respeito ao processo, tipicamente, para garantir a produção *pull*, são emitidos cartões *kanban* que incluem as ordens de produção para as secções precedentes. Através da aplicação de sensores, um *e-kanban* é emitido se for detetada a falta de um determinado componente, sendo que a informação circula automaticamente e em tempo real para as restantes secções por meio dos sistemas de comunicação. A eliminação do formato físico dos cartões, pode evitar paragem de linhas, por falta de componentes por exemplo, uma vez que é relativamente fácil a perda ou extravio dos cartões no formato físico (Kolberg, Zühlke, Kolberg, & Kolberg, 2015).

O sistema de *radio-frequency identification* (RFID), é um exemplo de tecnologia integrada nos processos logísticos de várias empresas há já vários anos, e é considerado uma tecnologia de identificação e localização inerente ao conceito de I4.0, nomeadamente na área de IoT. (Dombrovsky et al., 2017). Por exemplo, para diminuição do tempo de *setup*, foram estudadas algumas soluções que consistem em colocar nas peças a ser trabalhadas uma etiqueta RFID com os parâmetros de produção correspondentes. Assim que a peça é colocada na máquina, esta lê e altera os parâmetros automaticamente, reduzindo significativamente o tempo de setup, que hoje em dia, face à quantidade de produtos diferentes produzidos, constitui grande fonte de desperdício de tempo (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014).

A manutenção preventiva é também uma preocupação das organizações atualmente, uma vez que, a paragem de equipamentos pode provocar paragem da produção. Numa fábrica dita inteligente, em caso de falha de máquina, esta envia automaticamente uma notificação ao responsável que, através do código de erro, seleciona desde logo as ferramentas necessárias para a reparação. Enquanto a máquina é reparada, o MES replaneia a produção direcionando-a para outras máquinas, reduzindo o impacto dessa avaria (Lucke, Constantinescu, & Westkämper, 2008).

Sendo a qualidade dos produtos de extrema importância, é crucial a sua monitorização. À semelhança das soluções referidas para redução do *setup*, a qualidade pode também ser monitorizada através dos dados presentes nas etiquetas RFID, que incluem todas as informações das operações a serem efetuadas na peça. Assim, conseguir-se-á reduzir erros devidos à negligência por parte de operadores e que, tipicamente, se propagam por toda a cadeia.

Hoje em dia é comum os colaboradores já utilizarem este tipo de tecnologias avançadas no seu dia-a-dia, facto verificado pelo número de *smartphones* utilizados. Neste sentido, os princípios da I4.0 seriam, ao contrário de outras medidas, facilmente acolhidos pelos colaboradores atualmente presentes nas organizações, não havendo, talvez, necessidade de imposição da gestão.



Cabe às organizações, aproveitarem esta tendência, por forma a maximizarem os seus benefícios (Gunter, Reuter, Hauptvogel, & Dolle, 2015).

Na verdade, e em jeito de conclusão, uma organização em que os princípios *Lean* estejam consolidados nas práticas da gestão diária, pelo facto dos processos estarem normalizados, estará, com certeza, melhor preparada para integrar as tecnologias associadas à I4.0 (Sartal, Llach, Vázquez, & de Castro, 2017). Por outro lado, as tecnologias associadas à I4.0 devem ser vistas como uma forma de tornar os princípios *Lean* mais eficazes e sustentáveis dentro de uma organização (Sanders et al., 2016; Torbjorn, 2015).

### II.4.3 Sistemas de Informação e Indústria 4.0

Nas últimas duas décadas, a indústria tradicional tem sofrido grandes alterações através da implementação das TIC, com vista a um aumento da eficiência dos processos, e consequentemente, da produtividade (Moica et al., 2018).

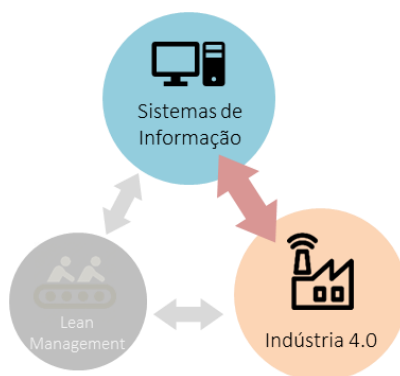


Figura 12: Relação entre Sistemas de Informação e Indústria 4.0.

No entanto, com o próprio avanço das tecnologias, surgem novos paradigmas, como é o caso da I4.0, que pressupõe a interconectividade entre sistemas de forma a monitorizar toda a cadeia de valor, permitindo um fluxo contínuo, automático e autónomo desde a recolha, armazenamento, processamento e análise dos dados, até à disponibilização da informação a quem de direito (Santos et al., 2017).

O desafio na implementação de um sistema de monitorização em tempo real está precisamente na integração de todos os SI e processos numa organização. A integração das fontes de informação poderá eliminar as fontes de ineficiência e inconsistência de informação, permitindo que toda a organização apoie os seus processos na mesma base informativa, por sua vez, fidedigna e atualizada.

A Indústria 4.0 é um paradigma que, através de várias componentes tecnológicas, como é o caso da IoT e dos sistemas CPS, oferece soluções de integração de sistemas que, de forma tradicional, operariam em “silos” independentes e sem qualquer comunicação (Sishi & Telukdarie, 2017).

Dentro de uma organização, dependendo do tipo de indústria, dos investimentos e dos seus objetivos, é possível encontrarem-se vários tipos de sistemas, tais como: sistemas de controlo de produção, sistemas de sensores, sistemas robóticos colaborativos, aplicações de garantia de

qualidade, aplicação de captura de movimento (para monitorização da ergonomia e rastreabilidade), aplicações de transporte, entre outros. Todos estes sistemas, quando integrados, por exemplo, com recurso a um sistema ERP, usando os princípios de conectividade da I4.0, podem potenciar determinados benefícios, eliminando simultaneamente os desperdícios normalmente associados à redundância de sistemas, redundância de dados e redundância de recursos necessários para gestão daqueles (Erol, Jäger, Hold, Ott, & Sih, 2016).

Na figura 13 apresenta-se um exemplo da arquitetura de um sistema integrado, onde estão representados todos os componentes, desde a recolha à visualização de dados (Santos et al., 2017). É possível observar (i) os *inputs* do sistema, isto é, quais as fontes de informação que contêm os dados que se pretendem processar e analisar (ex.: ERP, correio eletrónico, diversos ficheiros e outras bases de dados); (ii) os vários SIs utilizados para armazenamento e processamento de dados, disponibilização em tempo real de informação, e métodos de visualização e geração de relatórios; (iii) as ligações existentes entre bases de dados, aplicações e SIs, e que permitem o fluxo contínuo de dados/informação; (iv) os *outputs* do sistema, sob forma de gráficos, relatórios ou *data mining*; , ainda (v) outros serviços relacionados com a segurança dos dados ou controlo de acessos.

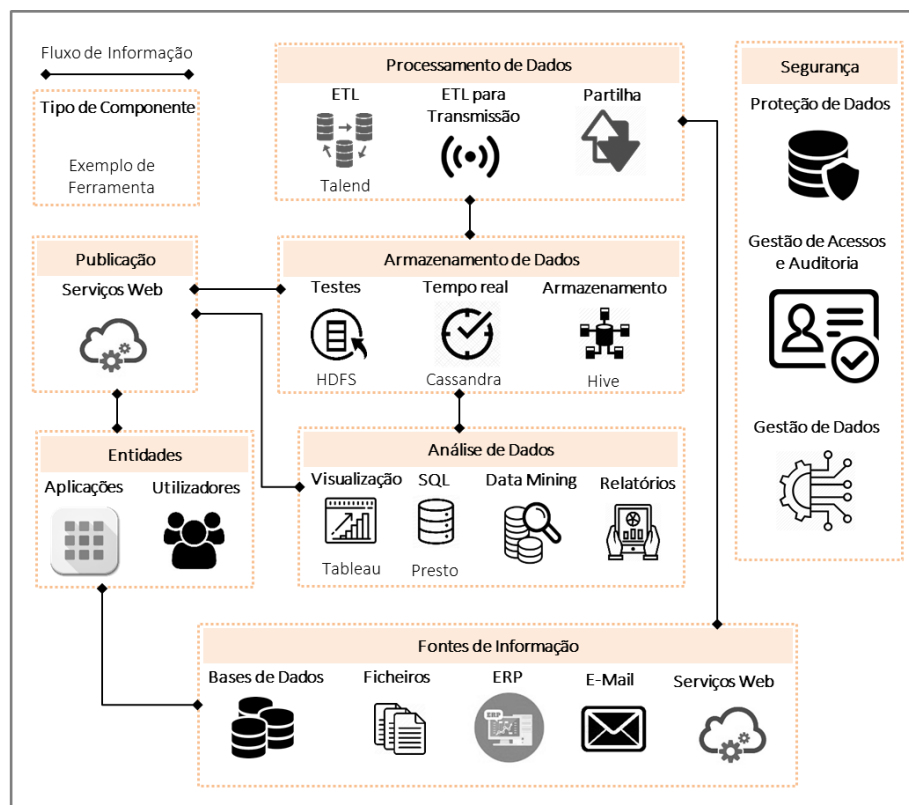


Figura 13: Exemplo da arquitetura de um sistema integrado (Adaptado de Santos et al., 2017).

Este exemplo representa uma visão geral da arquitetura e estrutura de um sistema completamente conectado e interligado, através da aplicação de tecnologias associadas à I4.0. Esta integração permite o processamento do elevado volume de dados que é gerado, em tempo real e sem qualquer intervenção manual.

## II.4.4 Exemplos práticos da aplicação das três abordagens

D'Antonio et al. (2017), apresentam no seu caso de estudo, aplicado na área da indústria aeronáutica, uma metodologia em que relacionam as três temáticas acima mencionadas. Em particular, o caso pretende mostrar como os SIs, nomeadamente o MES, referido anteriormente, juntamente com princípios da I4.0, como por exemplo a disponibilização de dados em tempo real, suportam a metodologia *Lean*.

O processo selecionado foi o de maquinação de engrenagens, considerado crítico devido ao custo das operações de esmerilhamento. Começou-se por analisar o processo, com vista à identificação de todas fontes de desperdício. Durante esta análise, foram identificadas grandes quantidades de peças rejeitadas, o que origina dispendiosas atividades de retrabalho e grandes variabilidades no processo, assim como tempos de espera excessivos e acumulação de *stock*.

O segundo passo incluiu uma detalhada descrição do processo. Os *inputs* são as engrenagens provenientes de processos de tratamento térmico; os padrões de qualidade são medidos de acordo com tolerâncias bem definidas; o desempenho do processo é mensurado através de indicadores (tempo de ciclo, *stock*, rácio de falhas); definiu-se ainda o número e a qualificação dos operadores necessários às operações de maquinação. Assim, foram efetuadas algumas alterações ao processo, com vista à eliminação das falhas verificadas.

O terceiro passo da metodologia consistiu na aplicação das tecnologias ao processo e identificação das fontes de informação. Foram aplicados sensores de alta sensibilidade, dados os requisitos de qualidade exigidos. Após a integração dos sensores com as fontes de informação, definiram-se os algoritmos e funções necessários à obtenção dos dados fundamentais à correta monitorização do processo.

A integração do MES, um dos sistemas mais utilizados em ambientes de I4.0, com este sistema de monitorização e controlo, permite a recolha de dados com diferentes parâmetros, de acordo com os objetivos num determinado momento, bem como a posterior análise. O MES pode ainda prever instabilidades no processo, momentos em que o processo estará fora de controlo ou quando este poderá vir a produzir peças fora dos padrões de qualidade exigidos. Em termos de manutenção, o sistema consegue gerir ele próprio a manutenção preventiva das ferramentas, tendo em conta a sua frequência de utilização e as necessidades, evitando restrições futuras. Através de análise de tendências e os resultados anteriores, o sistema poderá sumarizar as principais fontes de problemas e desperdício, evitando perdas de produção, retrabalhos ou rejeição de peças.

Todos os dados gerados podem ser armazenados em bases de dados e partilhados com os vários departamentos. Assim, a organização pode usufruir dos benefícios da conectividade existente para alteração do design das peças ou do próprio processo ou, no geral, para definição ou correção de estratégias.

Como conclusão deste estudo, tem-se a evidência de que se podem obter grandes resultados na aplicação das diferentes abordagens, uma vez que diminuindo a probabilidade de falha ao mesmo tempo que se garante a qualidade do produto final, reduz-se operações de retrabalho que resultam em desperdícios de tempo. Os testes efetuados permitem afirmar que é possível uma

redução em 50% das partes rejeitas ou trabalhadas, assim como uma redução em 40% do *lead-time* e do *stock* em curso de fabrico (D'Antonio et al., 2017).

Num outro caso de estudo, levado a cabo por Moica et al. (2018) na indústria automóvel, pretendeu-se identificar as principais etapas a ter em conta numa pequena ou média empresa aquando de um processo de implementação da I4.0. O projeto visa ainda demonstrar que a aplicação da I4.0, aumenta efetivamente a produtividade da organização.

Começou-se por identificar quais as atividades que contribuem significativamente para os processos com maior valor acrescentado para o produto final, assim como os KPI mais relevantes para a organização, tais como: a satisfação do cliente, eficiência económica ou melhoria contínua. A definição da estratégia da organização quanto ao projeto, permitiu um maior foco no que é prioritário e no que contribui com um maior retorno para a organização, evitando também que a equipa trabalhe com diferentes propósitos.

Após esta fase, começaram a efetuar-se alterações no próprio *shopfloor*. Foram mapeados todos os processos produtivos da organização, sendo também avaliada a capacidade produtiva, de forma a aferir a necessidade de novas máquinas ou pessoas, assim como a necessidade de formação. Procedeu-se ao desenho do sistema integrado de gestão, que englobaria todos os micro-sistemas da organização numa única base comum, começando-se a definir novas tecnologias para transformar o sistema antigo num CPS, nomeadamente computadores mais potentes, novos *robots* e máquinas de fundição automáticas, contrapondo com as anteriores que eram operadas manualmente. Foi implementado um ERP por forma a aumentar a capacidade produtiva, funcionando também como plataforma de comunicação entre os fornecedores e clientes. Após o trabalho de interligar todas as máquinas e sistemas, e após redefinição dos processos, foi dada a respetiva formação a todos os colaboradores diretos, não só ao nível das novas máquinas mas também dos novos processos.

Desta forma, e na organização envolvida, a implementação de tecnologias associadas à I4.0 permitiu aumentar a faturação em 100% durante dois anos, tendo o lucro da empresa uma evolução claramente crescente nos anos que se seguiram à implementação. Deste estudo ficou também evidente que o aumento da receita e produtividade foi acompanhado pelo aumento da qualidade dos produtos (Moica et al., 2018).

O estudo descrito permitiu demonstrar com um exemplo prático e numa lógica de Indústria 4.0: (i) as vantagens da aplicação dos princípios *Lean*, através do foco nas tarefas com valor acrescentado e no envolvimento de toda a organização numa mudança de mentalidade e de trabalho, assim como (ii) o potencial da integração dos SI existentes nas organizações, tendo em vista um aumento da produtividade e, consequentemente, das receitas.

Em jeito de conclusão, salienta-se que, apesar de muitas vezes serem analisados separadamente, a literatura começa agora a considerar a complementariedade e interdependência do LM e as TIC. A estas duas temáticas junta-se a I4.0, na medida em que permite, através dos seus sistemas integrados e novas aplicações tecnológicas, um aumento da eficiência global e redução de atividades que não acrescentam valor ao produto final.

Em termos práticos, as organizações utilizam ferramentas oriundas das três áreas supra citadas, tendo em mente um mesmo objetivo: aumentar a eficiência dos seus processos, ao mesmo tempo

que procuram satisfazer as necessidades e expectativas de mais clientes, tanto em termos de tempos de resposta, como de flexibilidade ou personalização de produtos (Sartal et al., 2017).

## II.5 Modelação de Sistemas e Processos

### II.5.1 Modelação de Sistemas

Atualmente, é inequívoca a importância dos SI, daí ser imperativo que a sua conceptualização esteja alinhada com as necessidades e expectativas dos seus utilizadores, permitindo que estes cumpram as suas tarefas de forma mais eficiente quanto possível (Blijleven et al., 2017). O Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Sistemas de Informação (SDLC), representado na figura 14, é o processo que determina como um SI poderá suportar as necessidades de um determinado negócio ou organização (Dennis et al., 2012), incluindo várias fases:



Figura 14: Fases do desenvolvimento de um SI (Adaptado de Dennis, Wixom, & Roth, 2012).

Na fase de Planeamento são identificados os problemas e as oportunidades de melhoria, é desenvolvido um plano de trabalhos com a estratégia a seguir, sendo ainda definida uma equipa para o projeto (Dennis et al., 2012). Nesta fase são também definidos os objetivos, bem como todas as restrições temporais e financeiras, de forma a assegurar as expectativas da equipa e dos clientes ao mesmo tempo que se tentam reduzir eventuais divergências no decorrer do processo (Geogy & Dharani, 2016).

Após o Planeamento dá-se a fase de Análise, onde são especificados os requisitos do novo sistema, ou seja, todas as tarefas que o novo sistema deverá permitir que os seus utilizadores realizem.

O objetivo da fase de Design é criar o modelo do sistema, tendo em conta a especificação de requisitos efetuada na fase de Análise. O modelo criado é então apresentado aos utilizadores para que estes tomem conhecimento das funcionalidades do sistema.

É na fase de Implementação que se dá a criação do sistema. O *software* é produzido, testado e documentado, sendo posteriormente submetido a uma avaliação por forma a verificar o correto funcionamento do sistema e apurar se as restrições de tempo e custo foram cumpridas de acordo com o plano previamente definido (Shelly & Roseblatt, 2012).

Como referido, a fase de Análise inclui a avaliação dos problemas detetados durante a fase anterior de Planeamento, engenharia de requisitos e processos e conceptualização das soluções a desenvolver (Shelly & Roseblatt, 2012).

É globalmente aceite na comunidade de desenvolvimento de software que a Engenharia de Requisitos é a etapa do ciclo de vida do desenvolvimento de um SI com maior influência na qualidade do produto final (Serna, Bachiller, & Serna, 2017). O principal desafio deste processo é o de traduzir exatamente os requisitos dos utilizadores numa solução exequível (Geogy & Dharani, 2016), daí a importância da correta identificação das necessidades. Outro desafio nesta

fase é a de perceber qual o nível de detalhe necessário na especificação de forma a alcançar a correta especificidade e evitar ambiguidade, que pode dificultar a tarefa dos programadores do sistema (Geogy & Dharani, 2016).

Também, tendo em conta a opinião de Ricardo Almeida, gestor de projetos na Software Primavera (SP), uma empresa portuguesa que desenvolve e implementa soluções ERP para pequenas e médias empresas, a fase de Análise é a mais crítica de todo o processo de desenvolvimento. Segundo este gestor da SP, a fase de Análise baseia-se na recolha de um conjunto de dados tendo como suporte a análise documental e entrevistas com a gestão de topo e também com futuros utilizadores do sistema. Se esta análise for efetuada de forma incorreta ou incompleta, pode comprometer toda a implementação, uma vez que é nesta fase que as expectativas e necessidades dos clientes são definidas. De acordo com o consultor acima referido, um correto e detalhado processo de recolha de dados e especificação de requisitos previne futuras divergências com o cliente e reduz os riscos de um projeto falhado.

Atualmente, devido à crescente complexidade e dimensão dos SI e demais aplicações, surge a necessidade de os programadores e analistas visualizarem os sistemas de um ponto de vista global e simplificado, o que os leva a desenvolver novas formas de representar esses sistemas, permitindo-lhes avaliar os seus requisitos e funcionalidades necessárias mesmo antes da sua implementação (Emadi & Shams, 2008).

A *Unified Modeling Language* (UML) é, assim, uma linguagem visual de modelação orientada a objetos, composta por diversos diagramas, usada para especificar, visualizar, construir e documentar atividades, fluxos, atores ou relações num SI. Não constitui uma visão detalhada de todas as tarefas que o sistema deverá fazer, mas sim uma visão geral do sistema e permite representar uma enorme variedade de sistemas (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2004).

Este tipo de linguagem permite identificar os diversos componentes de um processo de negócio, caracterizá-los através das suas propriedades e definir as suas interações. Uma vez que não representa os sistemas com elevado nível de detalhe, é uma linguagem facilmente perceptível por quem não está familiarizado com desenho ou implementação de sistemas. É, também por isso, vastamente utilizada na Especificação de Requisitos de sistemas, representando-os sob o ponto de vista do utilizador.

Os diagramas desenhados em UML podem ser de natureza estrutural, focando na organização física dos sistemas e a forma como os sistemas estão interligados, ou comportamentais quando representam a comunicação entre componentes e a forma como o sistema se comporta globalmente (Ferrante, Bonacina, & Pinciroli, 2013).

O Diagrama de *Use-Cases* representa de forma gráfica os atores no sistema, as suas funções específicas dentro do mesmo, assim como as relações entre os diversos atores (Shelly & Roseblatt, 2012). Este diagrama é simples, e pode representar apenas pequena parte do sistema, sendo o seu propósito principal o de identificar e comunicar ao programador que constrói o sistema, os requisitos previamente identificados. Estes requisitos podem ser funcionais, quando descrevem o próprio sistema ou não funcionais, se descreverem como deve funcionar o sistema de forma qualitativa (Dennis et al., 2012; Rumbaugh et al., 2004).

Para além do Diagrama de *Use-Cases*, um dos diagramas também utilizados para a modelação de

SI integrados, em que não se parte de um modelo de dados, mas da integração de vários SI previamente existentes, é o Diagrama de Componentes. Este fornece uma visão do sistema, do ponto de vista da sua arquitetura, permitindo identificar quais os componentes que permitem implementar uma determinada funcionalidade no sistema, garantindo que no final o sistema cumpre o propósito para o qual foi desenvolvido. Para além disso, na fase de desenvolvimento de um SI este diagramas, por serem facilmente perceptíveis, podem auxiliar na comunicação entre a equipa que o desenvolve e os restantes *stakeholders*. Os programadores e analistas reconhecem a sua utilidade, na medida em que, oferecendo uma visão geral do sistema, lhes permite formalizar onde devem atuar. Os administradores dos sistemas, isto é, as organizações para as quais estes deverão ser úteis, através dos Diagramas de Componentes, compreendem desde o início da sua implementação, quais os subsistemas envolvidos e as suas interações (Bell, 2004).

A construção de modelos com recurso a ferramentas CASE (Computer-Aided Software Engineering) conduz a resultados mais rápidos, diminuição do risco de erro e custos mais reduzidos (Shelly & Roseblatt, 2012).

A figura 15 representa a construção de um processo de negócio e o seu paralelismo com a especificação e desenvolvimento de sistemas.



Figura 15: Construção de um Processo de Negócio (adaptado de Bicevskis & Bicevska, 2015).



## II.5.2 Modelação de Processos

Um processo de negócio representa um conjunto de atividades executadas segundo uma ordem pré-definida e que, no seu coletivo, têm em vista um objetivo comercial ou estratégico, normalmente dentro de um contexto organizacional (Chinosi & Trombetta, 2012).

A modelação de processos de negócio é crucial para que os analistas tomem conhecimento acerca das diversas operações de uma organização, sendo apoiada numa variedade de modelos que representam e documentam aqueles processos (Shelly & Roseblatt, 2012).

O *Business Process Model and Notation* (BPMN 2.0) é a notação atualmente mais utilizada na modelação de processos e fluxos de trabalhos. As linguagens de modelação têm essencialmente três diferentes aplicações: descrição pura de um processo, simulação de um processo ou execução. Esta linguagem fornece uma notação gráfica de representação de processos através do *Business Process Diagram* (BPD) e é frequentemente usada pelos analistas durante a fase de especificação de requisitos. Esta representação visual do sistema permite detetar com maior facilidade a existência de eventuais inconsistências e problemas no sistema e, assim, reduzir erros futuros e reduzir os custos (Chinosi & Trombetta, 2012).

O BPD inclui: controlos de fluxos, como por exemplo eventos (mensagens, timers, eventos de início/fim), atividades e gateways; ligações entre objetos (fluxos de atividades e fluxos de informação); e Dados (objetos contendo dados). Através destes elementos é possível mapear e desenhar qualquer processo existente numa organização, sejam eles fluxos de informação ou fluxos de materiais (Martins, Martins, & Domingos, 2017).

Tendo em conta os últimos avanços da tecnologia e a sua aplicação na indústria, foram já desenvolvidos *softwares* capazes de modelar processos com aplicações associadas à I4.0, como por exemplo o denominado I4PML (Industry 4.0 Process Model Language). Os princípios de modelação são exatamente os mesmos, com a vantagem de se conseguirem representar fluxos de informação originados por aplicações IoT como sensores, capazes de enviar os dados diretamente para a nuvem para serem agregados e processados (Petrasch & Hentschke, 2016).



# Capítulo III

## Conceptualização de um sistema integrado para monitorização de indicadores de desempenho

### III.1. Apresentação da Organização

#### A Bosch no Mundo

Robert Bosch fundou, em 1886, a Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica, em Estugarda, na Alemanha. Atualmente, o Grupo Bosch é líder no fornecimento de tecnologia e serviços, contando com mais de 400.000 colaboradores em todo o mundo, tendo como principal ambição, a melhoria da qualidade de vida no mundo, através de soluções de produtos e serviços inovadoras e que despertem o entusiasmo. O grupo está dividido em 4 setores: Soluções de Mobilidade, Tecnologia Industrial, Bens de Consumo e Tecnologia de Energia e Edifícios.

Em Portugal, o grupo é representado pela Bosch Termotecnologia em Aveiro, a Bosch Car Multimedia em Braga, a Bosch Security Systems em Ovar, e ainda a sede em Lisboa onde estão também concentradas algumas atividades de vendas, marketing, contabilidade e comunicação, num total de cerca de 4.500 colaboradores.

#### A Bosch em Aveiro

Em 1977, é fundada em Cacia a Vulcano que inicia a fabricação e comercialização de esquentadores a gás. Em 1988, o Grupo Bosch adquire 90% do *share* da Vulcano, passando esta a integrar a divisão de Termotecnologia, sendo que a adquire na sua totalidade em 1998, altura em que a marca era já líder do mercado nacional.

A Bosch Termotecnologia em Aveiro integra o setor de Tecnologia de Energia e Edifícios e dedica-se à produção de soluções de fornecimento de água quente, sendo também o centro de competências mundial para o desenvolvimento de novas soluções. Nesta unidade trabalham cerca de 1.100 pessoas, entre as quais cerca de 200 dedicadas exclusivamente a atividades de investigação e desenvolvimento.

A produção de Aveiro é essencialmente para exportação para a Europa (cerca de 70%), começando a assistir-se ao crescimento dos níveis de exportação para África e América Latina, com 19% e 10% do volume de vendas, respetivamente. A organização é reconhecida pela

excelência dos seus processos e produtos, pela aposta na inovação e tecnologia, pela melhoria contínua dos seus processos e, ainda, pelas suas iniciativas no que respeita à responsabilidade social corporativa.

## **A Melhoria Contínua na Bosch**

Em 2003, surge o BPS, que tem como base os princípios do *Toyota Production System* (TPS). As duas empresas desenvolvem uma estreita relação entre cliente – fornecedor através do *Supplier Development Program*, um programa de desenvolvimento de fornecedores que começou a ser aplicado pela Toyota no início dos anos 40. Este programa pressupunha o tratamento dos fornecedores como parte da empresa tendo em conta o seu desenvolvimento, avaliando quatro critérios essenciais: (i) a existência de uma política de gestão, (ii) o aumento de produtividade, (iii) o aumento da qualidade e (iv) o cumprimento dos planos de produção (Srinivasarao, 2016).

A Bosch como fornecedora de componentes para automóveis da Toyota, começou a aplicar os mesmos princípios aos seus processos produtivos até que surge o BPS, há vários anos fortemente aplicado nas áreas diretas. No entanto, continuava a existir uma lacuna na forma de aplicação da melhoria contínua às áreas indiretas como as Vendas, Marketing, Recursos Humanos ou Engenharia.

Em 2013, a consultora *McKinsey* apresentou excelentes resultados com a aplicação dos princípios *lean* nas áreas indiretas de um grande banco europeu, que se refletiram em ganhos de produtividade na ordem dos 20%. A Bosch tomou isso como base e criou um novo departamento designado *Deployment Business Excellence* (DBE), responsável pela aplicação do BPS nas áreas produtivas e do *Lean Management* nas áreas indiretas, sendo ainda responsável pelo *Planning Guide Line* e melhoria contínua nos projetos TTM (*Time-to-Market*).

## III.2 Contextualização do Problema

A correta definição dos indicadores de desempenho de um determinado processo ou projeto dentro de uma organização assume hoje um papel primordial, na medida em que agregam um conjunto alargado de informação e fornecem uma visão geral da evolução da organização, tendo como base diferentes fontes de informação.

A Bosch coloca particular foco na definição dos indicadores mais adequados, nas estratégias de acompanhamento dos mesmos e na sua avaliação.

Na Bosch são analisados vários indicadores que retratam o desempenho da fábrica, destacando-se: defeitos de qualidade, eficiência, aderência ao nivelamento, stock em curso de fabrico, atrasos, horas de paragem, lotes reprovados e incidentes de trabalho. Esta análise atualmente decorre numa reunião diária, com o objetivo de explorar o *status* de cada indicador, partilhar resultados revelantes com os respetivos responsáveis e áreas de interesse e, no caso de ser necessário, definir as ações corretivas inseridas numa *Open Point List* (OPL), com a determinação de um responsável e uma data de resolução. A reunião tem por base a informação registada num documento Excel, onde figuram todos os gráficos dos indicadores e um *OneNote*, em que está presente a referida OPL, assim como informação a remeter para outros documentos e/ou imagens relevantes.

Este procedimento, pelo facto de envolver a recolha de dados de diferentes fontes, muitos desses dados estarem incompletos e serem recolhidos de forma manual, e posteriormente serem guardados num formato pouco apropriado (Excel), contribui para a ineficácia do processo, que se traduz:

- Num esforço adicional para a análise;
- Na dificuldade em análises posteriores pela ausência de dados históricos facilmente recuperáveis e dificilmente comparáveis;
- Na possibilidade de manipulação manual dos resultados por falta de segurança em termos de restrições de acesso;
- Na dificuldade de interpretação fácil e rápida dos resultados por falta de mecanismos de visualização interativos e dinâmicos.

Tendo como base o problema descrito, a organização pretende conceptualizar uma solução que potencie a visualização dos indicadores de forma fácil, comunicando automaticamente os resultados de forma imediata às diferentes áreas, de modo a suportar a decisão no momento exato.

## III.3 Objetivos e Metodologia do Trabalho Prático

Assim, surge como objetivo deste trabalho, a eliminação do desperdício no processo associado ao fluxo de informação que visa a apresentação dos indicadores, culminando numa solução automática de recolha de dados, com mecanismos de visualização (*dashboard*) centrados no utilizador e orientados ao decisor. Adicionalmente, pretende-se que a solução encontrada

anteveja as causas dos desvios verificados.

A I4.0, através das suas múltiplas tecnologias, fornece soluções integradas capazes de disponibilizar dados de produção em tempo real. A Bosch tem já algumas tecnologias associadas à I4.0, como é o caso do RFID, como ferramenta de rastreio e localização de componentes ou os AGV's (*automated guided vehicle*), que são robots autónomos para transporte de material entre a fábrica e o armazém de componentes. Atualmente a empresa está a aplicar progressivamente nas suas células produtivas sistemas conectados ao nível das máquinas e equipamentos que permitem uma monitorização automática e em tempo real de tudo o que se passa numa determinada célula. Através das várias interfaces é possível analisar “ao minuto”, as paragens das máquinas (em valor e duração), as unidades produzidas, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da célula, entre outra informação relevante.

Posteriormente à instalação desta tecnologia em todas as células, é expectável a possibilidade de criação de um SI integrado, capaz de fornecer dados sobre a fábrica como um todo de forma automática.

Assim, um dos contributos do projeto é o da conceptualização de uma ferramenta robusta e integrada, a ser desenvolvida futuramente, para disponibilização e visualização de indicadores em tempo real e que promova automaticamente a interação com os seus utilizadores.

As fases que se seguem, usadas no desenvolvimento do projeto, são baseadas nas fases do ciclo do BPM (*Business Process Model*), constituindo esta a base metodológica adotada.

- 1. Descoberta e Mapeamento do Processo:** para poder melhorar o processo atual, torna-se crucial a sua compreensão e identificação das fontes de desperdício e atividades que não acrescentam valor ao resultado final. Desta forma, foi feito o mapeamento do processo, com recurso ao BPMN, possibilitando, através dos seus diagramas, a representação de todos os fluxos e fontes de informação, tarefas efetuadas e *outputs* de cada tarefa, assim como do processo global.
- 2. Análise e propostas de melhoria ao processo:** por forma a analisar o problema e as dificuldades relacionadas com o processo, foi desenhado o diagrama de *Ishikawa*. Foi também feito uma reflexão sobre o formato da reunião em si, reavaliando os indicadores e a frequência com que os mesmos são analisados, de forma a aferir se estão de acordo com os objetivos da organização de momento. Paralelamente às atividades descritas, foi também realizado um estudo aos indicadores mencionados para uma melhor compreensão de todos os dados necessários, bem como da própria forma de cálculo.
- 3. Proposta da Solução Integrada:** nesta fase apresenta-se a solução proposta, ainda que conceptualmente, tendo em vista a disponibilização dos dados de forma rápida, automática, de uma maneira intuitiva e dinâmica. Foram ainda desenhadas soluções de interface com recurso a uma ferramenta de prototipagem designada Fore UI, por forma a visualizar e validar aspetos relevantes do formato do sistema, facilitando assim a fase de *design*.

- 4. Protótipo e Teste ao Conceito:** de forma a testar a aceitação da solução proposta, foi desenvolvida um protótipo funcional que utiliza uma base de dados (BD) em *MS-Access* ligada a um sistema de *Business Analytics*, designado *Power BI*, o que torna o processo de disponibilização dos dados menos exaustivo, e a visualização dos dados mais dinâmica e intuitiva.

De realçar que, por se tratar de informação confidencial para a organização, todos os dados apresentados serão fictícios.

## III.4 Desenvolvimento do Projeto

### III.4.1 Conhecimento e mapeamento do processo atual

Por forma a compreender o problema, começou-se por analisar o tipo e formato de ficheiros usados na reunião, bem como a natureza dos dados analisados e a forma de visualização. Assim, numa primeira fase, foram analisados os ficheiros *Excel* utilizados, tanto o principal mostrado na reunião como os ficheiros de suporte em que os colaboradores se apoiam para o cálculo dos indicadores.

Nas figuras 16 e 17, é apresentado o tipo de gráfico, tomando como exemplo o indicador de eficiência e dos lotes reprovados.

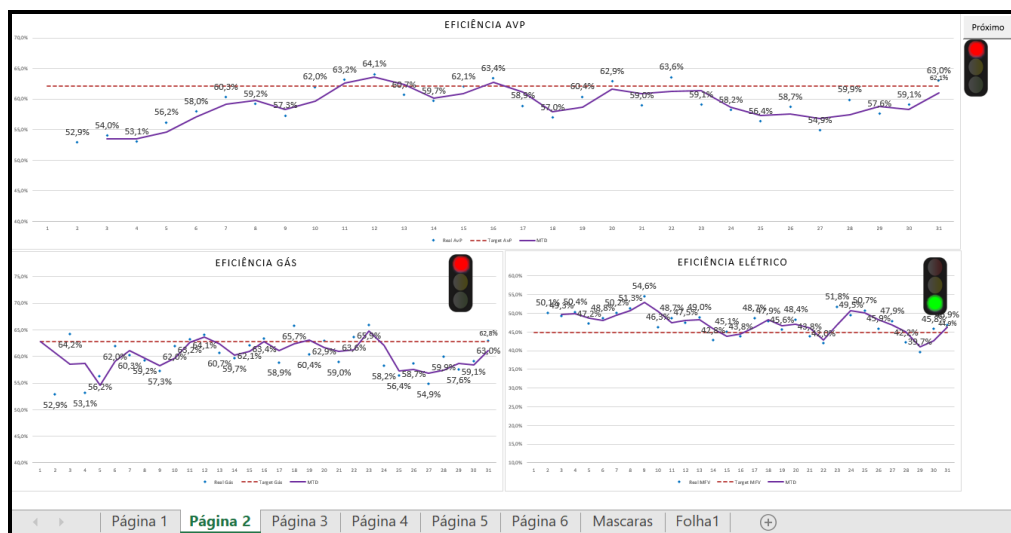


Figura 16: Exemplo de gráfico apresentado na reunião diária, relativo à Eficiência.

Como referido, no caso da eficiência, é apresentado o resultado da fábrica relativos aos aparelhos a gás e elétrico separadamente, sendo também avaliado o resultado global da organização.

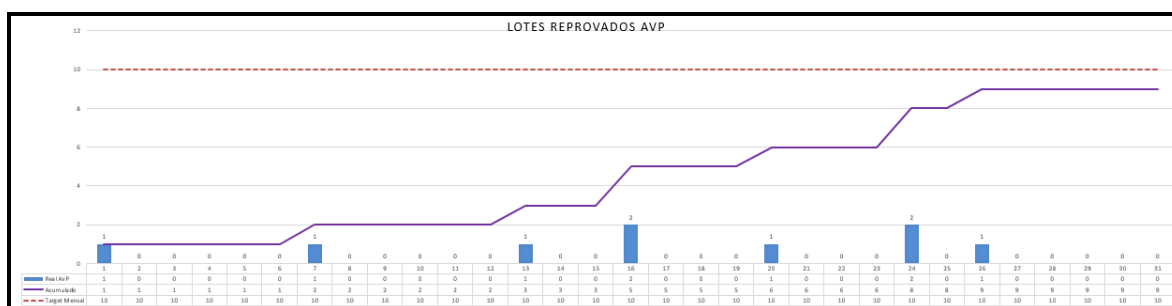


Figura 17: Exemplo de gráfico apresentado na reunião diária, relativo aos Lotes Reprovados.



A participação na reunião diária, permitiu perceber, sobretudo, o seu objetivo, que tipo de dados são analisados e o nível de detalhe dessa análise, o que foi determinante no desenrolar de todo o projeto.

Assim, passou-se para a etapa seguinte de conhecimento do processo de recolha e processamento dos dados que se pretende ver melhorado.

Para cada colaborador foi realizado então, o respetivo diagrama BPMN, que nos mostra os indicadores pelos quais ele é responsável. De seguida, são apresentados os diagramas que refletem o subprocesso associado ao tratamento de cada indicador, indicando quais as fontes de dados utilizadas, se há tempos de espera associados, quais os fluxos de informação existentes entre as diferentes áreas da organização e quais os ficheiros de suporte utilizados, entre outras informações sobre o processo.

Este mapeamento foi realizado através do acompanhamento em contexto real de cada colaborador, o que permitiu perceber todas as tarefas necessárias, volume de trabalho manual que estes efetuam, assim como a variedade de fontes de informação existentes.

Neste momento, os dados são recolhidos e tratados manualmente por quatro colaboradores com tarefas bem definidas, sendo que um deles é o administrador da plataforma, tendo como função verificar o correto decorrer do processo. Devido à existência de dois *value streams* distintos, gás e elétrico, existe um colaborador responsável apenas pelos indicadores do elétrico, e os outros três pelos indicadores da fábrica de aparelhos a gás. No entanto, existem casos, como o caso da Eficiência, em que a exportação é feita com base na mesma fonte de informação, poupando-se algum tempo se fosse feito pelo mesmo colaborador.

Assim, e dado que o processo de recolha de dados e tratamento dos indicadores se revelou diferente de indicador para indicador, e de colaborador para colaborador, optou-se por mapear todos os processos individualmente, partindo de uma análise macro, e detalhando até aos seus subprocessos.

As figuras seguintes mostram os diagramas BPMN decorrentes do mapeamento acima descrito. O trabalho realizado pelo quarto colaborador para o segundo *value stream* é igual ao que se descreve de seguida.

Na figura 18, pode ver-se, em vista colapsada, o modelo desenhado para representar o processo de recolha e processamento de dados da responsabilidade do Colaborador 1: defeitos de qualidade e lotes reprovados.

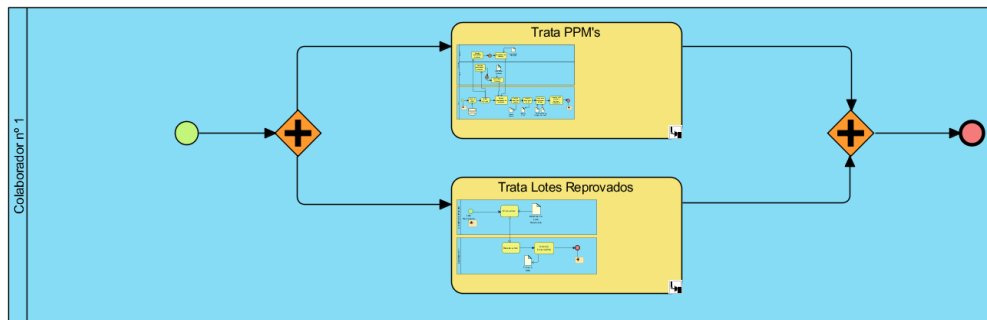


Figura 18: Indicadores à responsabilidade do Colaborador 1.

O diagrama da figura 19 representa o subprocesso “Trata PPM’s”. Neste é possível vermos o repositório de dados de onde são exportados numa primeira fase os dados em bruto para posterior tratamento, assim como os ficheiros gerados ou de suporte, utilizados no subprocesso:

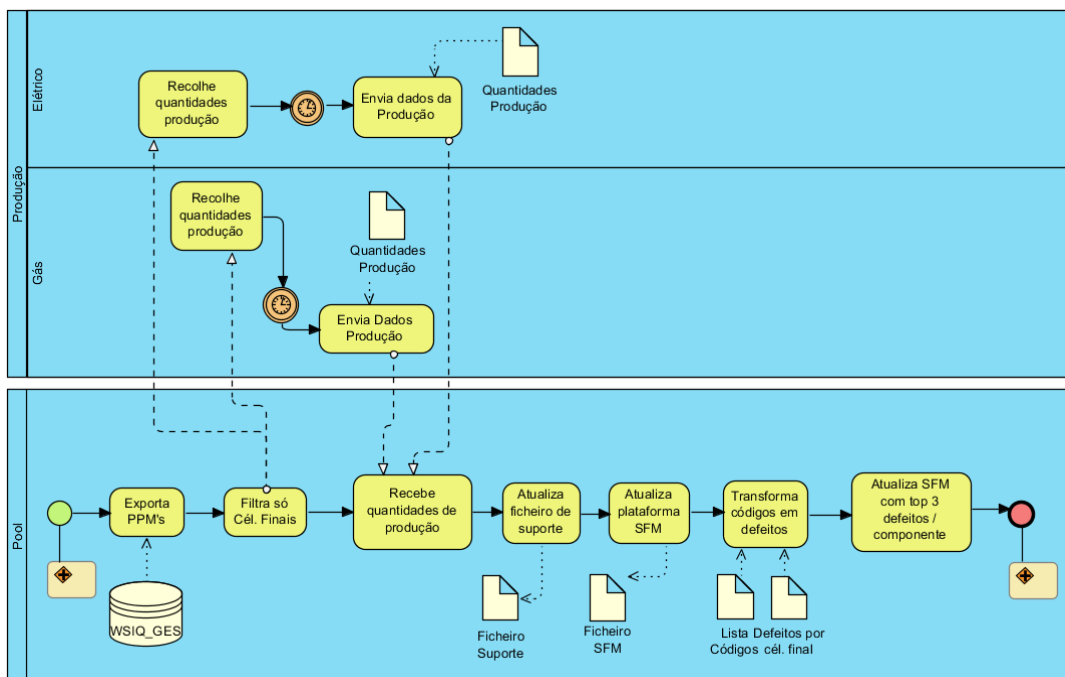


Figura 19: Subprocesso "Trata PPM's".

Após um lote ser reprovado na auditoria ao produto é gerado um e-mail automático para o Colaborador 1, que registano ficheiro correspondente as ocorrências, no caso de se verificarem, referentes ao dia anterior (ver figura 20):

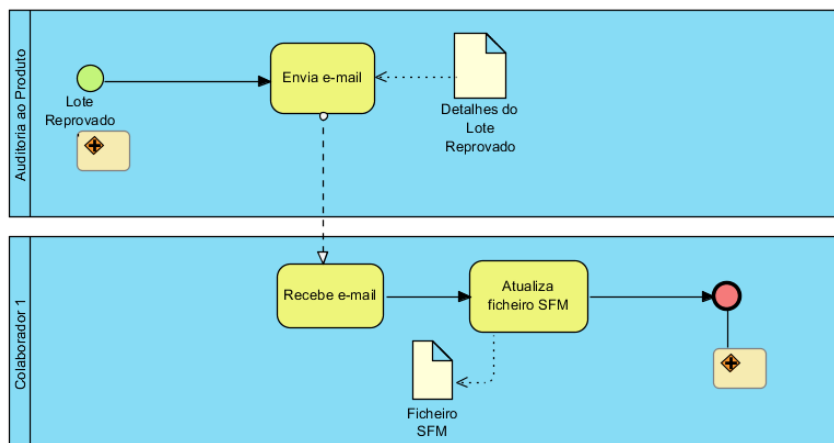


Figura 20: Subprocesso "Trata Lotes Reprovados".

O colaborador 2 tem à sua responsabilidade, como é visível na figura 21, o tratamento dos dados referentes à eficiência, aderência ao nivelamento, atrasos e horas de paragem. O processo só termina quando o colaborador apresentar os dados relativos aos quatro indicadores.

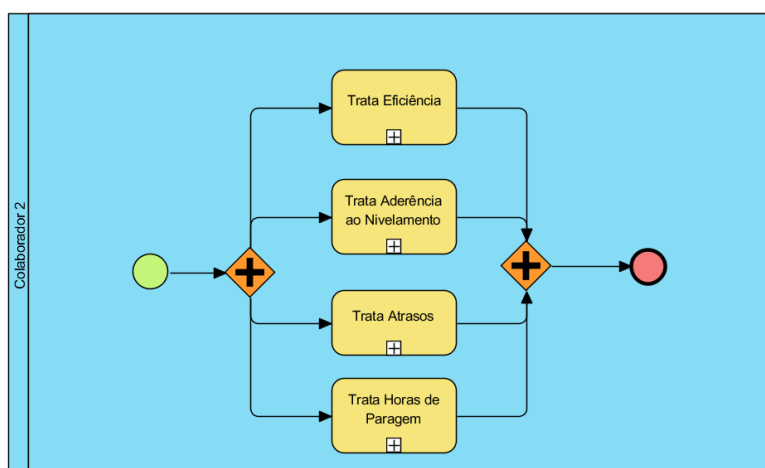


Figura 21: Indicadores à responsabilidade do Colaborador 2.

Na figura 22 está então representado todo o processo referente à eficiência. Para cada grupo de dados que é necessário recolher, estão representadas as suas fontes, assim como todos os ficheiros gerados ou onde são processados os dados recolhidos:

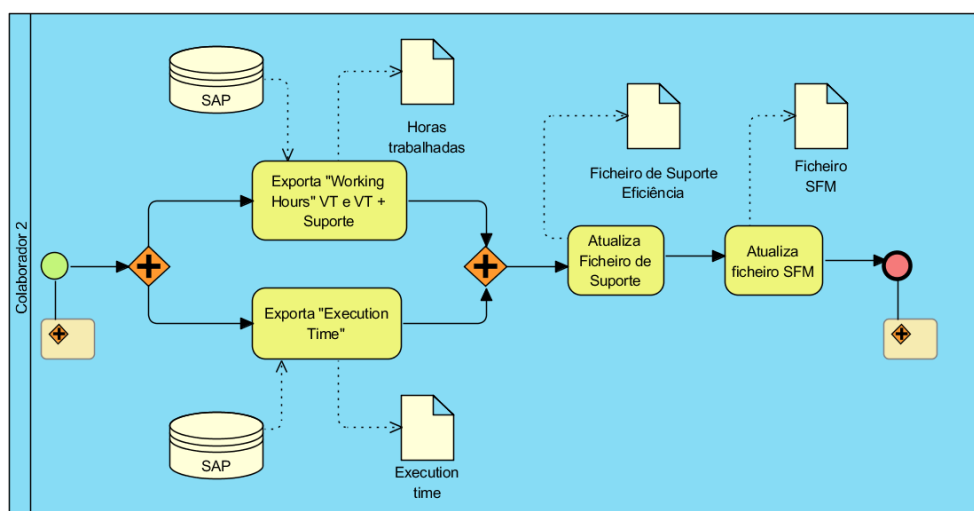


Figura 22: Subprocesso relativo ao cálculo da Eficiência.

A aderência ao nivelamento, cujo diagrama se encontra retratado na figura 23, é também da responsabilidade do colaborador 2. Mais uma vez, são visíveis todas as tarefas a ser efetuadas de forma a alcançar o resultado do indicador, que é finalmente atualizado no ficheiro com os dados finais.

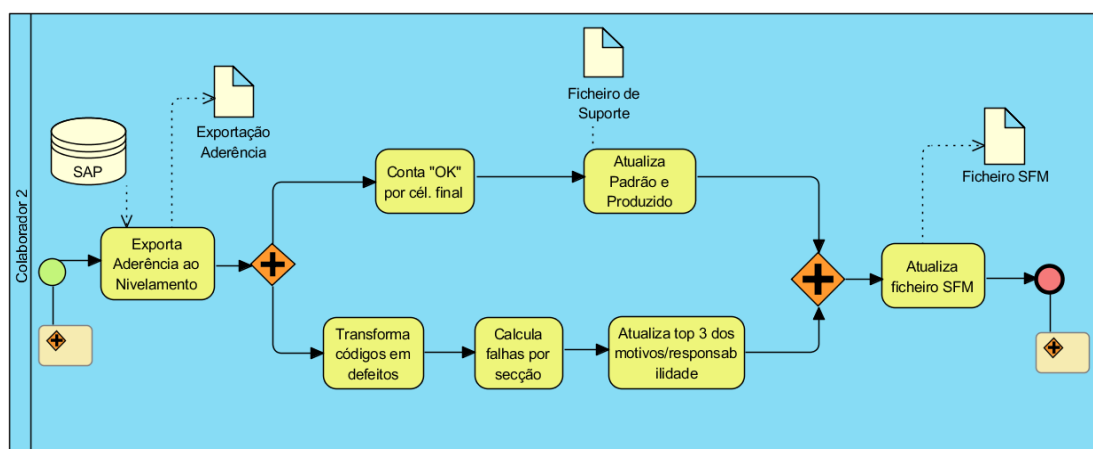


Figura 23: Subprocesso relativo à Aderência ao Nivelamento.

A figura 24 representa o processo associado aos atrasos de produção. Neste caso, para além das tarefas, fontes de dados e ficheiros associados ao processo, é visível também a necessidade de tempos de espera entre tarefas, uma vez que esses dados dependem de outras áreas e pressupõe também algum tipo de tratamento, um dos problemas referidos anteriormente.

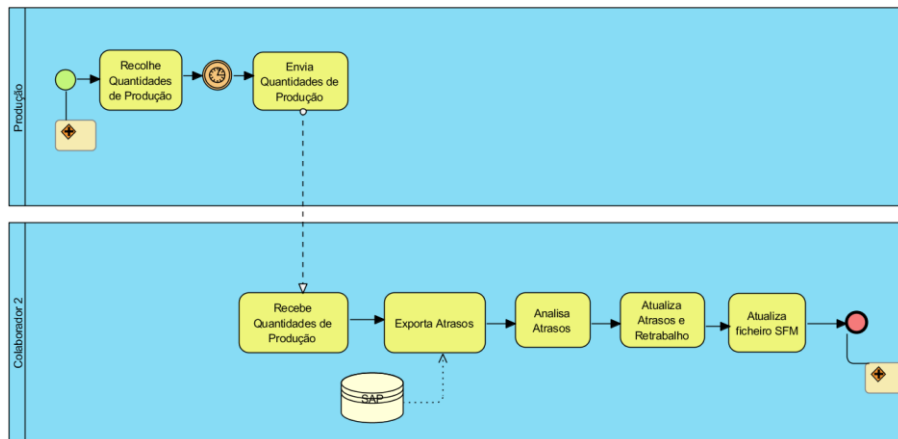


Figura 24: Subprocesso referente aos Atrasos da produção.

O indicador relativo às horas de paragem é também da responsabilidade do colaborador 2, que após receber esses dados, por parte da Manutenção, num ficheiro próprio os insere no ficheiro final do *shopfloor management* (SFM), como mostra a figura 25:

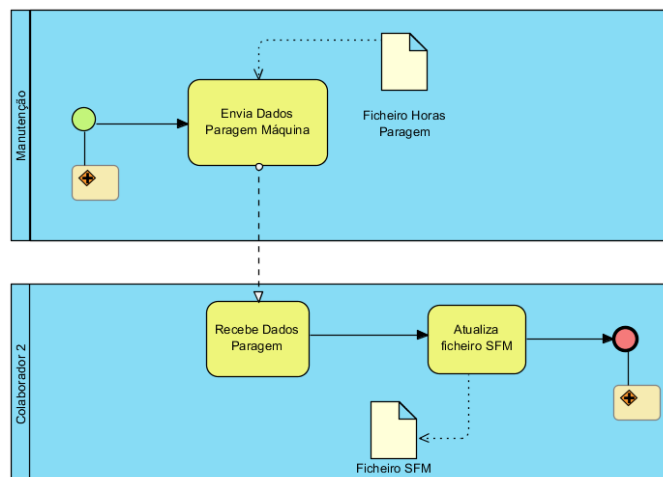


Figura 25: Subprocesso relativo às paragens de equipamentos.

Por último, na figura 26, é possível perceber o processo de aquisição dos dados relativos ao Stock em curso de fabrico. O colaborador 3 exporta os dados referentes ao stock ZHAL e stock ROH do SAP, gerando dois ficheiros distintos. Após processar os dados, atualiza o valor no ficheiro final dos indicadores, à semelhança dos restantes.

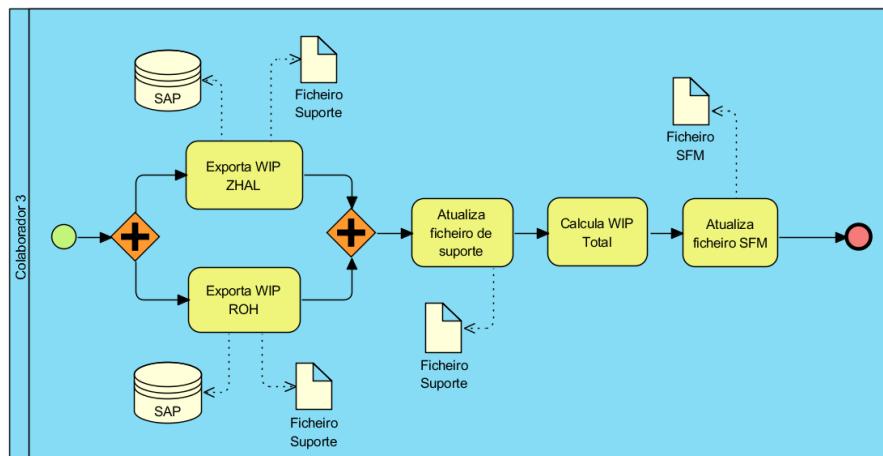


Figura 26: Subprocesso referente ao cálculo do Stock em curso de fabrico.

Como já referido, um dos aspetos que torna o processo mais complexo é a quantidade de fontes de informação: informação relativamente à eficiência e aderência é exportada do SAP, informação relativa aos defeitos é exportada de uma aplicação interna específica (WSIQ\_GES), as quantidades de produção bem como os atrasos são enviados diariamente pela produção, os lotes rejeitados são reportados através de um e-mail gerado automaticamente e os incidentes e acidentes reportados sempre que se verifica uma ocorrência.

De salientar que após efetuar toda a recolha dos dados é necessário um procedimento bastante trabalhoso para o processamento dos indicadores. Para cada indicador, existe pelo menos um ficheiro *Excel* de suporte ao cálculo, onde são colocadas as tabelas exportadas, que através de alguma manipulação, por meio de várias *pivot-tables* e algumas operações de *copy* e *paste*, devolvem os resultados, que são por sua vez atualizados, também de forma manual, na plataforma de SFM.

Devido à especificidade de cada tarefa e complexidade de procedimentos para cálculo dos indicadores, existe o problema adicional de, na ausência não planeada de um destes colaboradores, o indicador pelo qual ele é responsável não ser calculado nesse(s) dia(s).

O acompanhamento do processo permitiu ainda recolher o *feedback* dos colaboradores, que mencionaram na globalidade os mesmos problemas: excesso de trabalho manual, diversidade de fontes de informação, *bugs* devido à utilização simultânea dos documentos, vários ficheiros de suporte, documentos pouco intuitivos e claros, e falta de tempo para analisar os resultados obtidos.

### III.4.2 Análise do processo

Após compreender em detalhe o processo em estudo, tornou-se prioridade perceber, para cada problema retratado, as suas causas “raiz”. O diagrama de *Ishikawa*, ferramenta amplamente usada em abordagens *Lean* no âmbito da Qualidade, permite ter a percepção visual dessas falhas e aferir as suas principais causas (Meyer, 2007), normalmente desconhecidas ou ocultas por detrás daquelas falhas.

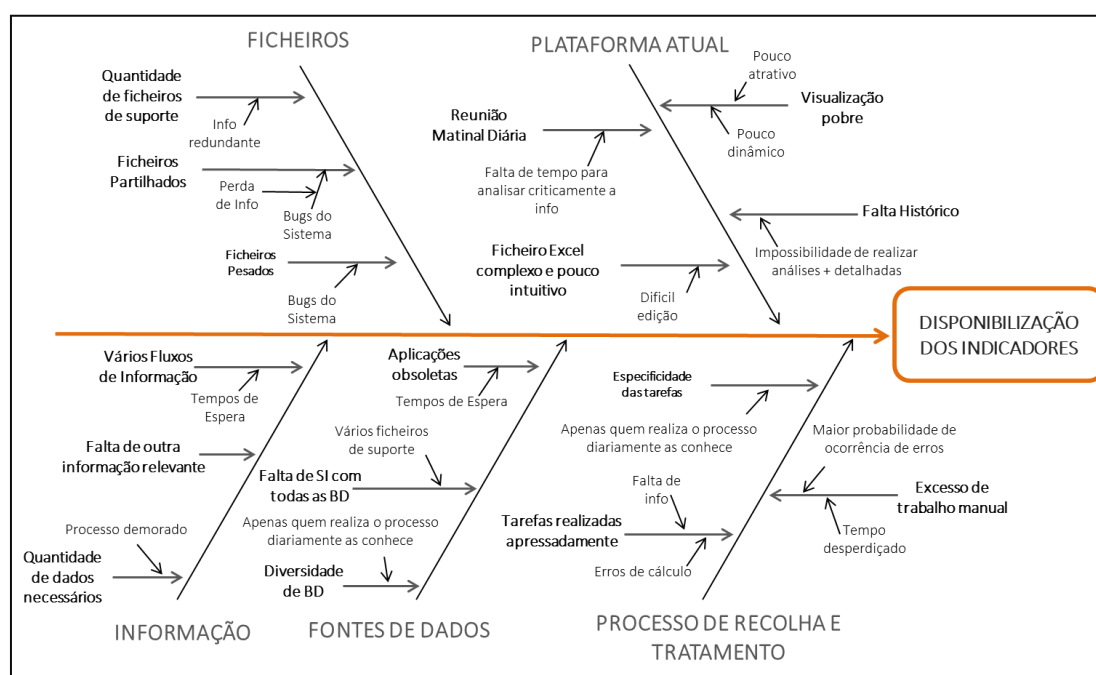


Figura 27: Diagrama de Ishikawa que apresenta as causas raiz dos problemas referidos.

A partir da representação da figura 27, é possível verificar que existem diversas fontes de problemas. A quantidade de fontes diferentes de informação, informação incompleta, formatos de armazenamento e visualização inadequados, redundância de recursos e esforço adicional para compreensão da informação representam, talvez, os aspetos mais críticos identificados na análise. Com uma solução tecnológica integrada seria possível otimizar os fluxos de informação, eliminar grande parte dos desperdícios identificados, libertando simultaneamente recursos para analisar de forma crítica os resultados e tomar ações no sentido de corrigir os desvios. O Diagrama de *Ishikawa* permite de forma visual perceber ainda que, para além dos motivos das falhas mais evidentes, existem outros que a organização desconhecia e, que por isso, não tinham a devida atenção no que respeita à sua resolução.

Tendo como base os problemas identificados, foram propostas e implementadas algumas melhorias no processos. De salientar que em termos de desenho do processo, não ocorreram grandes alterações, no entanto, alguns desperdícios foram eliminados com a implementação de simples ações de melhoria. Alguns exemplos serão descritos a seguir:

- Tabela 1: Exemplo de tabela com componentes em que se verificaram mais ocorrências e respetivo valor.

- O ficheiro final que é alimentado pelos colaboradores, onde os indicadores são calculados e os gráficos gerados, foi totalmente refeito de forma a ser mais simples e intuitivo para os colaboradores colocarem a informação. Agora cada indicador tem a sua respetiva folha com os dados. Nas imagens seguintes é possível verificar a diferença entre as interfaces, permitindo resolver alguns dos problemas identificados na análise ao processo e reportados pelos colaboradores.

[illegible]

52



A figura 29, representa um exemplo da interface onde os colaboradores colocam agora os dados recolhidos com vista ao cálculo dos indicadores.

The interface shows data entry for 2017 and 2018. It includes sections for monthly data entry (mEUR), targets (WIP), and a summary table at the bottom showing Average AvP, Target AvP, PY AvP, Average Gas, Target Gas, PY Gas, Average Electric, Target Electric, and PY Electric across various months and years.

Figura 29: Exemplo de folha onde são inseridos os dados, depois do redesenho.

- A forma de apresentação da informação em gráficos foi também repensada e redesenhada, de forma a incluir mais informação num formato mais amigável. É agora possível verificar num mesmo gráfico, a proximidade de um indicador para com o valor-alvo, tanto numa base mensal como anual, ou a evolução mensal de um dado indicador, estando também presente o valor do ano anterior, assim como o valor-alvo correspondente. Para os casos em que foi possível, foram também inseridas no gráfico as causas que mais contribuem em cada dia para cada indicador. As figuras 30 e 31 apresentam exemplos de gráficos após as alterações descritas.

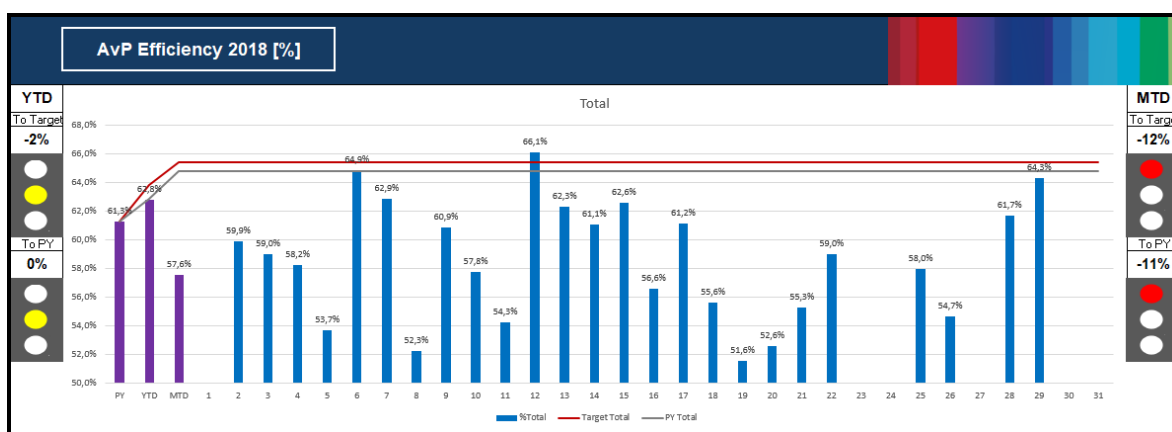


Figura 30: Exemplo de gráfico após alterações, relativo à Eficiência.

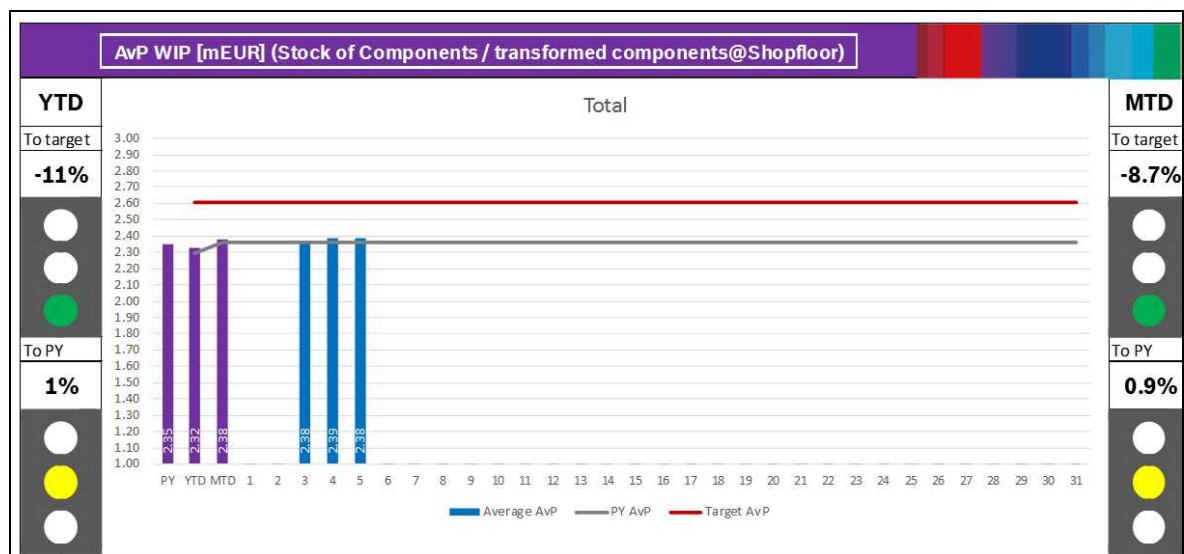


Figura 31: Exemplo de gráfico após alterações, relativo ao Work in Progress.

### III.4.3 Estudo e Revisão dos Indicadores

Este estudo foi efetuado ao longo do projeto, à medida que era necessário perceber a forma de cálculo de cada indicador, a informação que se pode obter da sua análise, assim como a sua complexidade e importância.

#### *Defeitos de Qualidade (PPMs)*

O indicador dos PPM's é uma medida *standard* amplamente utilizada para monitorizar a quantidade de defeitos de qualidade face ao volume de produção, sendo a sua forma de cálculo:

$$PPMs = \frac{Total\ de\ Defeitos}{Volume\ de\ Produção} \times 1.000.000$$

Os PPMs são calculados separadamente para cada célula e para a fábrica no seu total.

#### *Eficiência*

A eficiência da fábrica é calculada com base na eficiência das diversas secções e pode ter duas vertentes: a “Eficiência VT” (*value time*) e “Eficiência VT + Suporte”. A primeira engloba todas as secções cuja atividade acrescenta valor ao produto final, e a segunda tem em conta o trabalho de secções cujas atividades não têm diretamente impacto no valor do produto final, mas dão apoio às atividades das secções produtivas, como por exemplo as atividades logísticas de abastecimento das linhas de produção.

$$Eficiência = \frac{VT \times Output}{Horas\ Trabalhadas} \times 100\%$$

O VT, em horas, corresponde ao tempo necessário para que se cumpra uma determinada operação, sendo o *Output* o número de vezes que cada operação foi realizada.

As horas trabalhadas baseiam-se nas horas de picagem de entrada e saída de cada operador da fábrica.

#### *Aderência ao Nivelamento*

A aderência ao nivelamento ou *levelling* avalia a percentagem de desvios em relação aos planos de produção definidos diariamente ou, por outras palavras, é o indicador que reflete a taxa de cumprimento dos planos de produção.

$$Aderência = \frac{N^{\circ}\ de\ linhas\ "OK"}{N^{\circ}\ de\ linhas\ total} \times 100\%$$

### ***Work in Progress (Stock)***

O stock é medido não em quantidades, mas sim em valor monetário (€) e existem dois tipos: o stock de peças de compra e o stock de peças que já sofreram algum tipo de operação de transformação dentro da fábrica. Para este indicador não é necessário qualquer cálculo, uma vez que o valor é retirado diretamente do ERP utilizado pela organização (o sistema SAP).

### ***Horas de Paragem***

As horas de paragem de máquina é um indicador da responsabilidade da equipa de Manutenção, em que é monitorizado tanto o tempo de paragem das máquinas, como o custo em euros dessa paragem, em termos de aparelhos não produzidos devido a essa paragem. As horas de paragem correspondem às horas de equipamentos em *breakdown* por linha, enquanto que o custo da perda corresponde ao número de aparelhos que não se produziram devido a essa paragem, multiplicado pelo custo de perda em euros, que varia conforme a linha em que ocorreu a paragem.

$$\text{Custo Perda} = \text{Aparelhos não produzidos} \times \text{Custo Secção}$$

### ***Atrasos de Produção***

Os atrasos de produção têm por base o documento de produções diárias, onde constam as quantidades planeadas, as quantidades efetivamente produzidas, assim como as quantidades não produzidas que se refletem em atrasos. Este indicador tem uma componente bastante manual, uma vez que as quantidades em atraso são depois replaneadas e transpostas para outros dias que tenham capacidade para as recuperar.

$$\text{Atrasos} = \text{Quantidades Planeadas} - \text{Quantidades produzidas}$$

### ***Lotes Reprovados***

Os lotes reprovados são um indicador da responsabilidade da Qualidade que, de cada vez que um aparelho é reprovado na auditoria ao produto todo o seu lote é igualmente reprovado, e é feito o seu registo, tanto para aparelhos a gás como aparelhos elétricos.

### ***Incidentes e Acidentes***

O registo dos incidentes e acidentes é da responsabilidade da equipa de Higiene e Segurança da fábrica, que regista todas as ocorrências. Os incidentes são as ocorrências menos graves, sendo considerado acidente no caso de uma ocorrência gerar ausência por parte do colaborador.

Após o estudo dos indicadores, achou-se relevante fazer a espetiva revisão. Para isso, para além de conhecer o processo atual, é importante perceber se os indicadores que se consideram atualmente são os mais relevantes, assim como a frequência com que são analisados. Nessa perspetiva, foi também colocado o desafio aos intervenientes na reunião diária de shopfloor, de realizar essa análise e sugerir alterações.

Na figura 32, podemos ver os indicadores que eram analisados inicialmente, a frequência com que são analisados e a área na qual se inserem.

	QUALIDADE	CUSTO	ENTREGA	OUTROS
DIÁRIO	PPM's LOTES REPROVADOS	EFICIÊNCIA HORAS DE PARAGENS	STOCK WIP ATRASOS ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO	
SEMANAL	CUSTOMER COMPLAINTS		SL1 A/P SERVICE LEVEL P2P STOCK WIP FP (DOW NOKS) CONTRACT A	ACCIDENTS/ INCIDENTS
MENSAL			PPC STOCK PILING	

Figura 32: Indicadores iniciais, respectivas áreas e frequência com que são analisados.

Após revisão, consideraram-se algumas alterações que se refletiram em:

- O stock (WIP) passará a ser analisado semanalmente, uma vez que a análise diária do indicador não permite retirar conclusões concretas. Assim, com uma base temporal alargada à semana poder-se-á ter uma noção mais fidedigna das variações relativas ao stock.
- Os Acidentes e Incidentes serão reportados sempre que se verificar uma ocorrência.
- A Aderência ao Nivelamento será analisada com regularidade semanal, assim como os seus “TOP 3 offenders”. Assumindo que nos planos de produção à semana, ao contrário dos planos de produção diários, não se verificam alterações significativas, fará sentido que se analise o indicador tendo a mesma base temporal de comparação.
- Os custos com sucata, que não estavam a ser analisados neste âmbito, serão também avaliados com regularidade semanal.
- Outros projetos que neste momento poderão ser relevantes para a organização serão também inseridos na agenda e alvo de uma análise mensal.

A figura 33 apresenta o mapa com as alterações que surgiram com a referida revisão.

	QUALIDADE	CUSTO	ENTREGA	OUTROS
DIÁRIO	PPM's LOTES REPROVADOS	EFICIÊNCIA HORAS DE PARAGENS	ATRASOS	ACCIDENTS/ INCIDENTS
SEMANAL	CUSTOMER COMPLAINTS SERIES II	STOCK WIP CUSTO SUJATA	SL1 A/P SERVICE LEVEL P2P ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO	
MENSAL			PPC STOCK PILING	QUESTIONS STOCK TO MENS ECM

Figura 33: Indicadores e frequência de análise após revisão.

### **III.4.4 Breve Descrição da Solução Proposta**

#### **III.4.4.1 Descrição na perspectiva conceptual**

Como referido anteriormente, o objetivo final do projeto consiste na conceptualização de um SI integrado, que permita aos utilizadores consultar os indicadores relevantes para a sua gestão diária. Esta solução deverá permitir tornar o sistema autónomo, integrando tecnologias aplicadas no âmbito da I4.0, o que se verificaria num processamento e disponibilização dos indicadores em tempo real, com eliminação do trabalho manual e ainda, a criação de interfaces mais intuitivas e dinâmicas para visualização desses indicadores.

De seguida, apresentam-se os requisitos funcionais e não funcionais que o sistema deve integrar, de forma a satisfazer as necessidades dos seus utilizadores.

Tendo em vista uma melhor percepção dos requisitos descritos, foram construídas algumas interfaces do sistema especificado que, apesar de não possuírem funcionalidade, permitem testar sobretudo a forma e conteúdo da visualização dos indicadores, um dos principais problemas descritos anteriormente e que se pretende ver ultrapassado com este novo sistema. Para além disso, a construção, ainda que apenas de visualização, das interfaces, permite avaliar como estas se ligam entre si e como o sistema se relaciona como um todo.

### **Requisitos Funcionais**

Atualmente, a grande quantidade de dados envolvidos e a diversidade de fontes de informação existentes tornam o processo complexo.

Como tal, em termos de requisitos, pretende-se que a solução proposta seja constituída por várias *dashboards*, organizadas e simples de ler e compreender, com a informação relevante para cada indicador, apresentando-os aos utilizadores certos, no *timing* correto e por ordem de relevância.

Idealmente, a janela inicial respetiva ao novo sistema apareceria incorporada na *dashboard* já existente e estaria disponível nos vários ecrãs que já se encontram distribuídos pela fábrica.

O sistema deverá apresentar várias interfaces, consoante o tipo de utilizador, e as suas funções no sistema.

Deverá existir uma interface que apresenta o menu principal, onde figuram as diversas ligações para os indicadores, para a OPL, ou outros projetos que são analisados semanal ou mensalmente.



Figura 34: Interface principal do sistema.

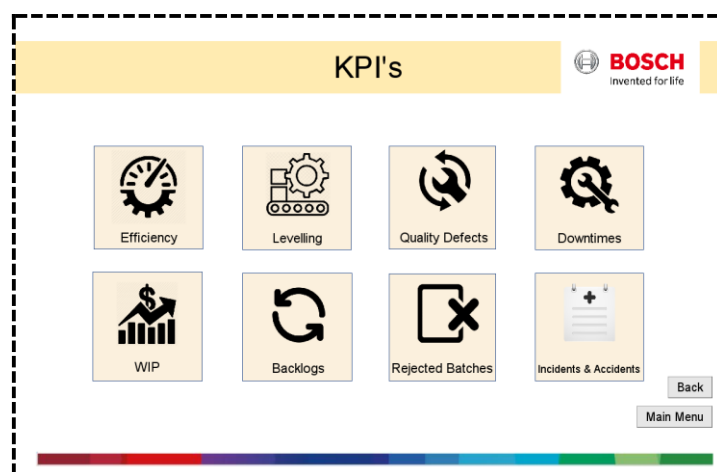


Figura 35: Interface com janela referente aos KPIs.

Para cada indicador, deve ser possível visualizar diversos gráficos, conforme as opções que o utilizador seleccionar, como por exemplo, visualizar por dia, mês ou ano, tendo ainda a possibilidade de duplo-clique sobre o gráfico para expansão dos dados.

Deve ser também possível visualizar o histórico do ano anterior, para que se possa comparar os mesmos períodos de tempo. Em cada gráfico deve ainda figurar o *target* definido pela organização para o respetivo indicador.

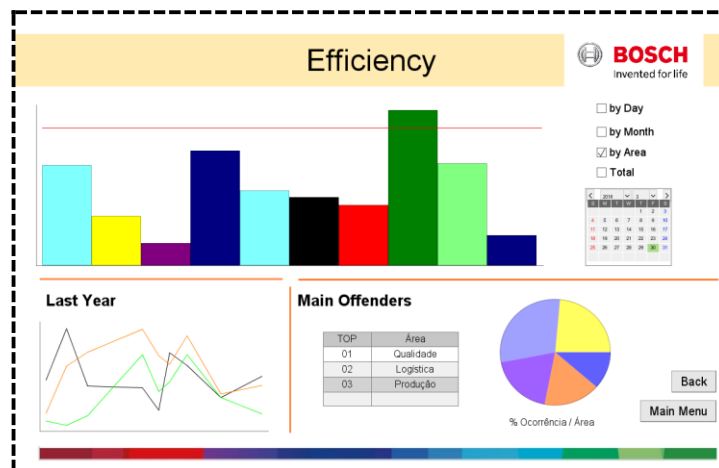


Figura 36: Exemplo de interface de um indicador, neste caso, da Eficiência.

Se pretender, o utilizador poderá requisitar ao sistema relatórios com informação condensada sobre a globalidade dos indicadores ou um indicador em específico. Estes relatórios devem conter o estado ao mês e ao ano, a evolução do indicador relativamente ao *target*, o histórico do ano anterior, as áreas com um impacto negativo mais significativo sobre esse indicador e ainda os pontos abertos na OPL referentes a esse indicador. Estes relatórios podem ser gerados por qualquer utilizador, visando a monitorização mais detalhada e a tomada de decisão de um dado indicador.

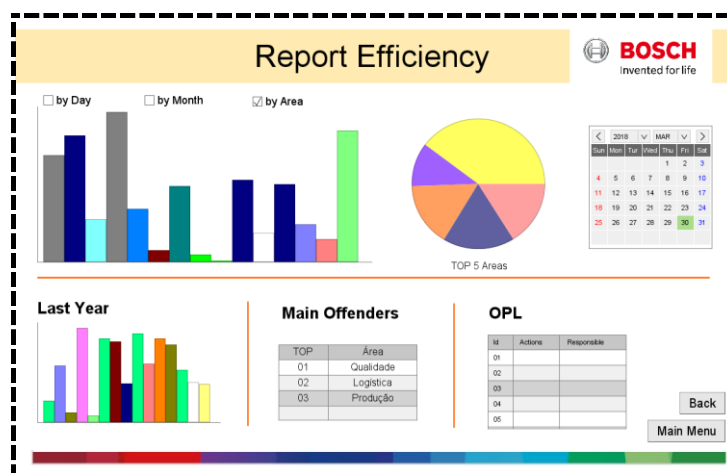


Figura 37: Exemplo de um Relatório gerado pelo sistema.

A OPL deve ser uma página de texto, passível de ser editada a qualquer momento, que deve conter a ação a tomar, o respetivo responsável e data de resolução. Na interface principal da OPL devem ser visíveis as ações a ser, ou já, tomadas nesse mês.



De forma a representar os requisitos especificados, foram desenhados, com recurso à UML, os diagramas de *Use-Cases* e de Componentes do sistema.

O Diagrama de *Use-Cases* representa o sistema do ponto de vista do utilizador, sendo por isso visíveis as interações que os vários atores poderão ter com o sistema. Como atores desta solução têm-se os vários sistemas legados que irão integrar a solução final, uma vez que parte dos dados necessários para o cálculo dos indicadores existe atualmente noutros sistemas, como é o caso do ERP / SAP, MES, e uma aplicação interna denominada WSIQ\_GES. Tem-se ainda os utilizadores que serão todos os responsáveis pela análise de indicadores e que aos mesmos deverão ter acesso, como é o caso dos administradores, diretores de área ou responsáveis de área, e o Planeador, que poderá ter a função adicional de inserir dados manualmente no sistema, se necessário.

Assim, a figura 38 representa, com base num diagrama de *Use-Cases* em UML, os diferentes atores e funcionalidades de alto nível da solução proposta.

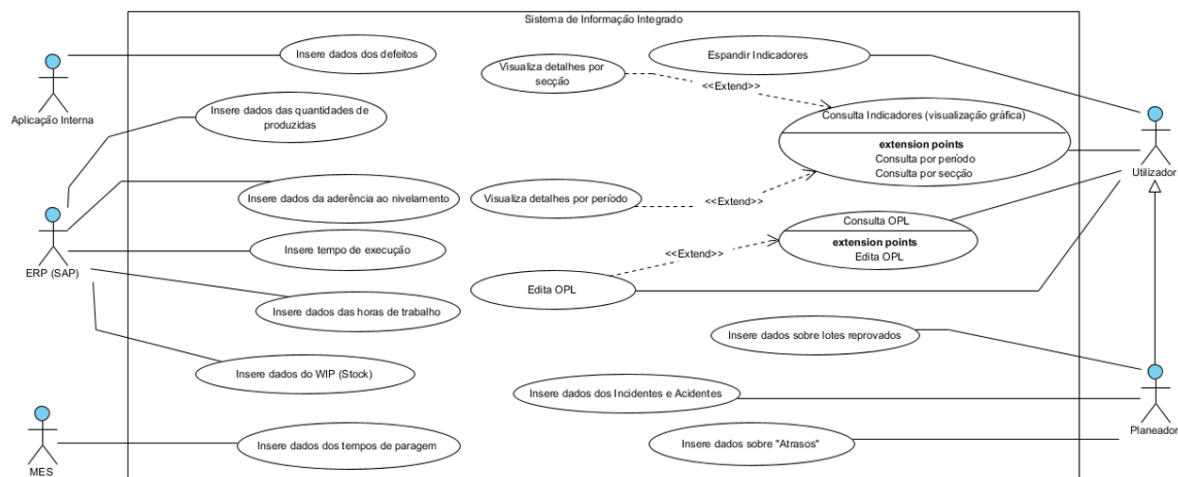


Figura 38: Diagrama de Use-Cases da solução proposta.

O Diagrama de Componentes, representado na figura 39, reflete os subsistemas que terão de interagir com o sistema principal e com as quais este terá de comunicar, de forma a recolher os dados necessários ao cálculo dos indicadores. Neste caso, cada subsistema corresponde a uma fonte de informação que fornece determinados dados, conforme descrito anteriormente.

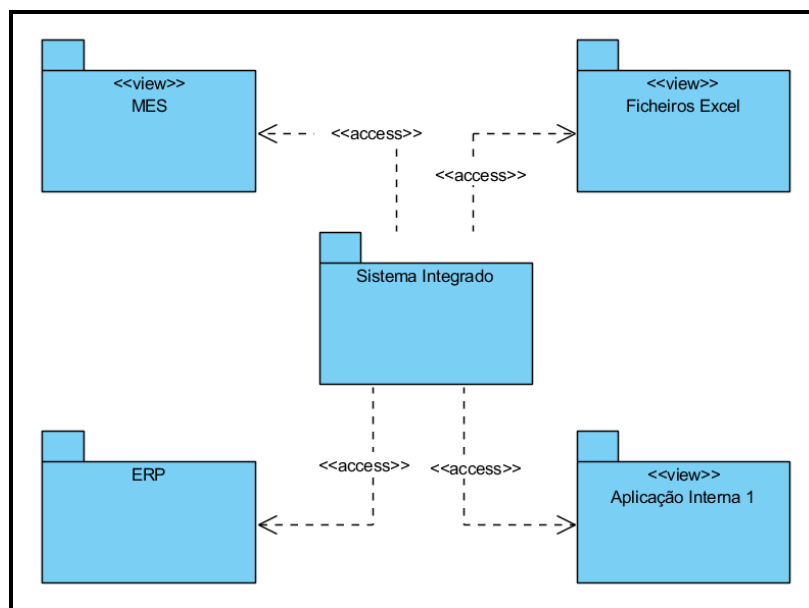


Figura 39: Diagrama de componentes do sistema.

A falta de uma estrutura robusta de SI e aplicações permite determinadas incoerências e redundâncias na informação, visíveis no facto de se poder aceder à mesma informação através da utilização de SIs diferentes. Por exemplo, as quantidades de produção são registadas no SAP, mas também no sistema *Andon* da fábrica, sendo neste momento também registadas no MES com elevado nível de detalhe, nas linhas onde o sistema já está implementado.

Assim, para o diagrama de componentes foram consideradas as fontes de informação atualmente utilizadas, no entanto, durante o desenvolvimento do sistema integrado deverá ter-se em consideração as fontes de informação disponíveis, de forma a criar um sistema robusto, seleccionando as fontes de informação mais fiáveis e adequadas do ponto de vista tecnológico.

## Requisitos Não Funcionais

O sistema deve responder de forma rápida às solicitações dos seus utilizadores, garantindo elevada interatividade entre utilizador e sistema. Uma vez que contém informação valiosa sobre a organização, deverá existir especial foco na segurança dos dados e gestão de acessos ao sistema, sem prejudicar a constante disponibilidade do sistema às solicitações. Por fim, o sistema deve ser desenvolvido de forma a ser facilmente alterado e mantido.

### III.4.4.2 Descrição do Protótipo de Teste ao Conceito

Antes da implementação real da solução proposta, foi realizado um teste de conceito tendo por base um protótipo. Este protótipo foi realizado com recurso a uma BD em *MS-Access* ligada a uma ferramenta de *Business Analytics*, designada *Power BI*. Uma vez que a empresa pretende no futuro um sistema robusto e transversal a toda a organização, inserido nas práticas da I4.0, o presente protótipo será descartado, aquando da implementação dessa nova solução. No entanto, este tem como objetivo principal a prova de conceito e teste junto dos utilizadores da solução proposta. Para além disso, enquanto a nova solução não é implementada, esta solução pode ser utilizada de forma a colmatar as necessidades relativas ao cálculo dos indicadores, uma vez que mostra um ganho de tempo considerável no processamento e disponibilização dos indicadores, bem como a libertação de recursos associados ao seu cálculo.

A BD foi construída com o propósito de se ultrapassarem alguns dos problemas identificados na fase de análise, designadamente: o trabalho manual excessivo por parte dos colaboradores, a falta de um histórico dos indicadores ou a quantidade de ficheiros de suporte. Como tal, foi feito o levantamento do tipo de tabelas que são exportadas de cada fonte de informação, preparando a BD para receber essas mesmas tabelas (por importação do *Excel*), por forma a devolver de forma automática o resultado dos indicadores, reduzindo consideravelmente o desperdício de tempo e recursos associado ao processamento dos dados.

Através das *crosstabs*, conseguem cruzar-se e processar dados provenientes de diversas fontes de informação e, conseqüentemente, de tabelas diferentes. A definição de *queries* permite retirar automaticamente de uma mesma tabela diferentes tipos de informação, que no processo inicial era tratada manual e de forma separada.

A BD permite também o armazenamento dos dados calculados, permitindo a criação de um histórico de indicadores, útil para comparar o *status* da organização num determinado momento, com o *status* num outro momento anterior.

O software utilizado – *Power BI* – permite a ligação a diversas fontes de informação e criação de *dashboards* personalizadas com diversas soluções de visualização de dados, ao mesmo tempo que possibilita formas amigáveis de interação com o utilizador. Para além destas funcionalidades, através da publicação das *dashboards* ou partilha de *links*, qualquer pessoa autorizada poderá ter acesso aos dados, em qualquer lugar a qualquer momento.

A ligação da BD com este *software* funciona como um protótipo vertical, na medida em que, apesar de não permitir realizar todas as tarefas especificadas anteriormente, torna possível a simulação de algumas das funcionalidades do sistema, tais como a interatividade de dados, visualização dinâmica e atrativa dos indicadores e uma disponibilização da informação consideravelmente menos exaustiva, para além de resolver alguns dos problemas identificados.

Tomando como exemplo o indicador relativo à Eficiência, um dos mais relevantes e de processamento mais complexo e exigente, apresentam-se de seguida algumas das *dashboards* construídas, tendo em conta os requisitos descritos e as interfaces apresentadas anteriormente.

Na figura 40, a título de exemplo, podemos consultar a eficiência “VT” e “VT + Suporte” durante o ano de 2018, por mês, o valor que se pretende atingir para cada um, assim como o histórico do ano passado.



Figura 40: Dashboard relativa à Eficiência por período.

Dependendo daquilo que o utilizador pretende consultar, poderá através de *clicks* sobre os dados, expandi-los, de forma a visualizar, por exemplo, a evolução de um determinado indicador por dia, como se pode ver na representação da figura 41.

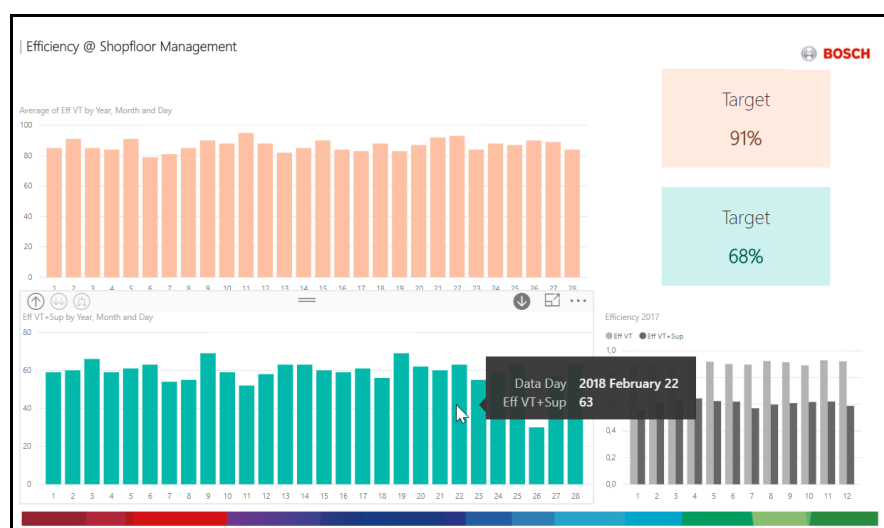


Figura 41: Dashboard relativa à eficiência por dia.

Da mesma forma, pode ser interessante, ao invés de consultar a eficiência de uma forma global, consultá-la por secção. Assim, uma vez que esses dados estão disponíveis nas tabelas importadas, através de *queries*, facilmente se pode disponibilizar a eficiência por área ou secção, como mostra a figura 42.



Figura 42: Dashboard com eficiência por área.

A ferramenta permite ainda que o utilizador defina, através da seleção de *checkboxes*, os dados que pretende consultar, permitindo a um responsável de área selecionar apenas a área que lhe diz respeito, conforme se pretende mostrar na figura 43:



Figura 43: Dashboard com eficiência por área selecionada.

Ainda a título de exemplo, apresenta-se nas figuras o caso dos defeitos de qualidade. Na figura 44, podemos visualizar uma interface principal com os dados diários de um determinado mês, para ambos os *value streams* e para a organização como um todo.

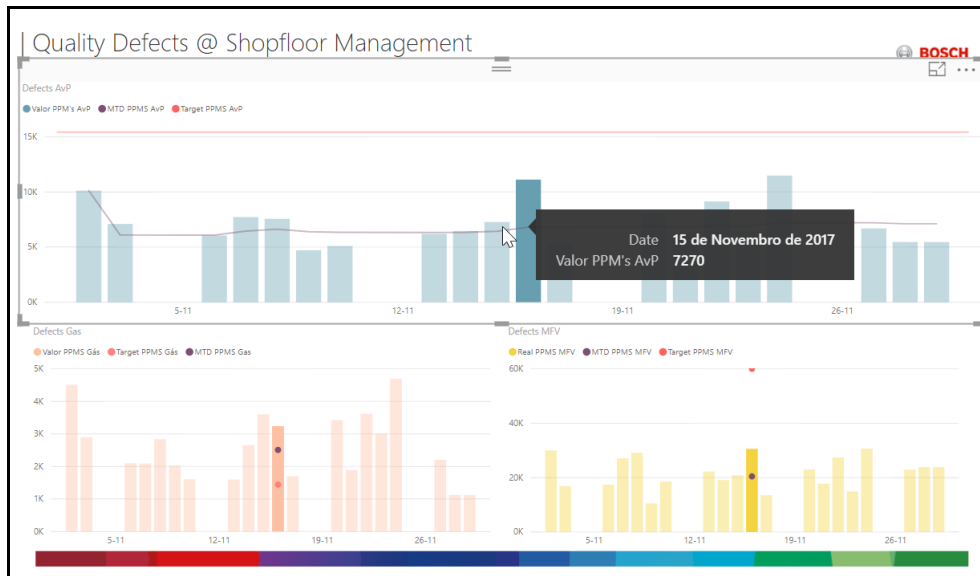


Figura 44: Exemplo de dashboard principal relativa aos Defeitos de Qualidade.

Na figura 45, podemos ver as funcionalidades que se desejam ver implementadas no sistema e que o protótipo utilizado permite, como por exemplo, a função de expandir/colapsar os dados, através do *click* no que se deseja visualizar, bem como o aparecimento da informação ao passar o cursor em cima do gráfico.

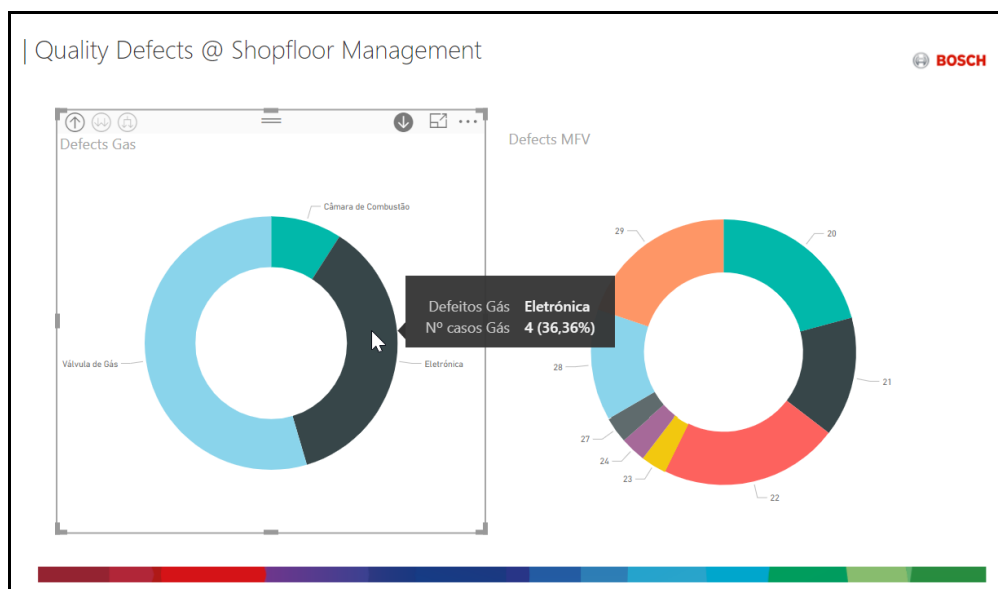


Figura 45: Dashboard mostrando a funcionalidade de expansão dos dados relativos aos componentes com mais ocorrências ao nível dos defeitos.

Nas figuras 46 e 47 mostram-se ainda exemplos de *dashboards* que podem ser úteis para visualização dos Atrasos da produção e horas de paragem dos equipamentos, respetivamente.

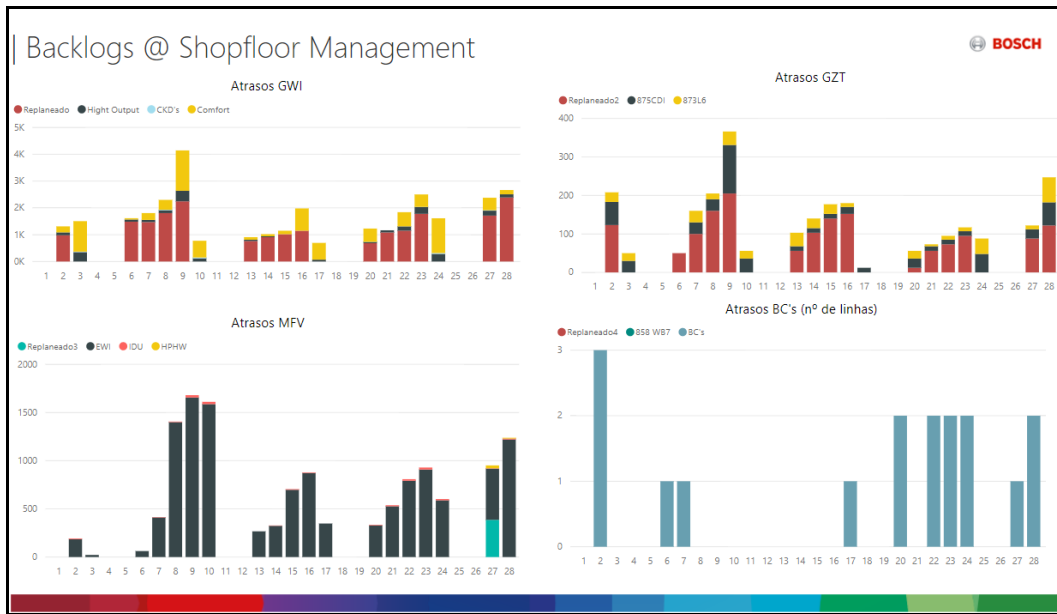


Figura 46: Interface em que são mostrados os Atrasos da produção por dia ao longo de um determinado mês.

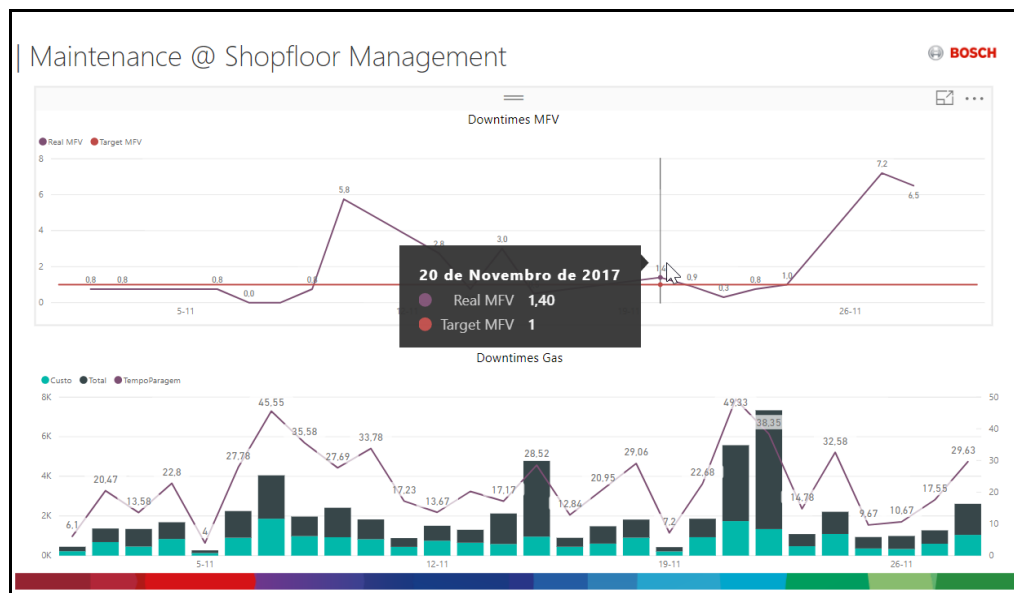


Figura 47: Interface relativa às Paragens dos equipamentos, em que são visíveis os dois *value stream*, as horas de paragem e os aparelhos perdidos devido às mesmas.

As funcionalidades que o Power BI fornece permitem simular aquilo que se pretende implementar no sistema especificado. As principais vantagens deste tipo de formato e visualização é a possibilidade de os utilizadores selecionarem a informação que pretendem ver e a facilidade e rapidez com que poderão ter acesso a essa informação.

Com esta solução, esperam-se as seguintes melhorias em relação aos problemas retratados na fase de análise:

- Redução de parte dos recursos humanos necessários à recolha e tratamento de dados, ficando apenas uma pessoa responsável pela manutenção do sistema;
- Redução dos desperdícios ao nível dos fluxos de informação;
- Possibilidade de introdução de informação relevante que, com o processo atual, não é tratada por falta de recursos e tempo;
- Diminuição e gestão racional dos ficheiros de suporte associados ao processo;
- Melhorias significativas no formato de visualização dos gráficos;
- Uma vez que é o utilizador que define o que pretende analisar, reduz-se o desperdício ao nível do excesso de informação, ao mesmo tempo que se aumenta a interatividade do utilizador com o sistema.



# Capítulo IV

## Conclusão, Limitações e Trabalho Futuro

### IV.1 Conclusões

O trabalho descrito neste documento, que decorreu na Bosch Termotecnologia em Aveiro, visou a integração de conceitos vindos das três diferentes áreas (SI, *Lean* e I4.0), e teve como objetivo a eliminação dos desperdícios associados ao processo de recolha e processamento de dados para o cálculo de indicadores. Como resultado, surge a proposta de uma solução tecnológica integrada, alinhada com os princípios da I4.0.

De notar que a solução proposta teve como base uma análise cuidada dos indicadores (KPIs), das fontes de informação e dos formatos de armazenamento dos dados necessários para o seu cálculo. Fez-se também o acompanhamento dos procedimentos atuais, em contexto real, e o respetivo mapeamento dos processos com base no BPMN, por forma a conhecer todos os elementos e, acima de tudo, perceber as fontes de desperdícios e atividades de NVA, tendo como suporte os práticas e ferramentas *Lean*. Consideraram-se ainda todos os miniprojectos, atualmente em desenvolvimento na organização em resposta aos desafios da I4.0 e que, futuramente, poderão integrar a nova solução.

Com base nesta análise, redefiniram-se algumas atividades do processo, redesenharam-se alguns indicadores e formas de apresentação, cadastraram-se as fontes de informação que integrarão o novo sistema, e conceptualizou-se a solução, alinhando-a com os conceitos da I4.0, já praticados pela organização.

Finalmente, por forma a validar o conceito associado à solução proposta, foi desenvolvido um protótipo funcional, com recurso ao *MS-Access*, conectado a um software de *Business Intelligence* designado *Power BI*. De salientar que, apesar do protótipo ter como objetivo principal a prova de conceito, testando a eficácia da solução proposta antes da sua implementação, o mesmo pode ser utilizado para colmatar as necessidades relativas ao cálculo dos indicadores e apresentação dos resultados aos respetivos decisores, enquanto não se obtém a solução ideal. Os modelos do sistema apresentado, assim como as suas interfaces, poderão funcionar ainda como uma base para a standardização e integração dos vários SI existentes na organização em estudo, apesar de servirem propósitos diferentes.

Em jeito de conclusão, e em termos práticos, este trabalho contribuiu com um estudo exploratório e uma base preparatória para a implementação de um SI integrado numa indústria

que tenciona responder aos desafios impostos pela I4.0. Em termos teóricos, o trabalho compila um conjunto de evidências vindas de três grandes áreas – SI, *Lean* e I4.0 – atualmente responsáveis pela automação, modernização e inovação tecnológica na indústria.

## IV.2 Limitações e Trabalho Futuro

Ao longo da exposição do trabalho foram referidos diversos problemas associados tanto à plataforma como ao processo em si. No entanto, é de salientar que o processo inicial, apesar de ineficiente, cumpria o seu propósito, o que torna difícil a tarefa de o redesenhar e alterar na prática. É importante, também por isso, o envolvimento de toda a organização aquando de alterações significativas aos processos, combatendo a cultura de resistência à mudança. Por outro lado, o futuro sistema tal como é especificado, só é possível aplicar depois de todo o chão de fábrica estar equipado com tecnologia capaz de comunicar com os sistemas existentes e devolver informação de forma automática e em tempo real, o que estará sempre dependente de decisões de âmbito económico ou de foco da organização.

No decorrer do mapeamento do processo, representado nos diagramas BPMN, é visível a quantidade de desperdício gerado todos os dias, tanto em termos de tempo, como de geração ou sobreprocessamento de informação. O processo descrito constitui um exemplo dentro de uma organização, o que permite prever a quantidade de desperdício associado aos fluxos de informação nas organizações.

Desta forma, antes da implementação de tecnologia, aconselha-se, de acordo com os fundamentos teóricos apresentados, uma revisão a toda a estrutura de SI e processos utilizados na organização, de forma a melhorá-los e otimizá-los, de acordo com os princípios *Lean*. A reformulação e otimização de sistemas prepara-os para uma futura adaptação da I4.0, a qual poderá trazer soluções significativamente mais eficientes e capazes de promover vantagem competitiva.

# Referências Bibliográficas

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16(1), 3–9.  
<https://doi.org/citeulike-article-id:6930744>
- Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES), *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16–21.
- Anwar, N., & Masrek, M. N. (2014). The impact of IT infrastructure flexibility on strategic utilization on information systems: A conceptual framework. *Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT), 2013 International Conference*, 510–514.  
<https://doi.org/10.1109/ACSAT.2013.106>
- Bell, D. (2004). UML basics : The component diagram. *IBM Global Services*, 1–10.
- Blijleven, V., Koelemeijer, K., & Jaspers, M. (2017). Identifying and eliminating inefficiencies in information system usage: A lean perspective. *International Journal of Medical Informatics*, 107, 40–47.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.08.005>
- Bose, I., & Pal, R. (2005). Auto-ID: Managing anything, anywhere, anytime in the supply chain. *Communication of the ACM*, 48(8), 100–106.  
<https://doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/1076211.1076212>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.213>
- Buse, R. P. L., & Zimmermann, T. (2012). Information needs for software development analytics. *Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering*, 987–996.  
<https://doi.org/10.1109/ICSE.2012.6227122>
- Caballero-Gil, C., Molina-Gil, J., Caballero-Gil, P., & Quesada-Arencibia, A. (2013). IoT application in the supply chain logistics. In *International Conference on Computer Aided Systems Theory* (Vol. 8112 LNCS, pp. 55–62).  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-53862-9-8>
- Cannata, A, Gerosa, M., & Taisch, M. (2008). SOCRADES: A framework for developing intelligent systems in manufacturing. *Industrial Engineering and Engineering Management*, 2008. *IEEM 2008. IEEE International Conference on* 1904–1908.  
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738203>
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*, 3(5), 588–595.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer*

- Standards & Interfaces*, 34(1), 124–134.  
<https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Cooper, P. (2017). Data, information, knowledge and wisdom. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 18(1), 55–56.  
<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2016.10.006>
- D’Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.372>
- Demoč, V., Vyhnáliková, Z., & Aláč, P. (2015). Proposal for Optimization of Information System. *Procedia Economics and Finance*, 34(15), 477–484.  
[https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01657-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01657-3)
- Dennis, A., Wixom, B. H., & Roth, R. M. (2012). *System Analysis and Design, 5th Edition*, Wiley.
- Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of Industry 4 . 0. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 545–554.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.148>
- Dombrovsky, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, 11, 1061-1068.
- Emadi, S., & Shams, F. (2008). From UML component diagram to an executable model based on petri nets. *International Symposium on Information Technology 2008, Vol. 4, 1-8*.  
<https://doi.org/10.1109/ITSIM.2008.4631945>
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- Ferrante, S., Bonacina, S., & Pincioli, F. (2013). Modeling stroke rehabilitation processes using the Unified Modeling Language (UML). *Computers in Biology and Medicine*, 43(10), 1390–1401.  
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.07.012>
- Ferreira, R. V., & Cherobim, A. P. M. S. (2012). Impacto dos investimentos em TI no desempenho organizacional de empresas de panificação de minas gerais: estudo multicaso. *BASE - Revista de Administração E Contabilidade Da Unisinos*, 9(2), 147–161.  
<https://doi.org/10.4013/base.2012.92.04>
- Geogy, M., & Dharani, A. (2016). A Scrutiny of the Software Requirement Engineering process. *Procedia Technology*, 25, 405–410.  
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.125>

- Gunter, S., Reuter, C., Hauptvogel, A., & Dolle, C. (2015). Hypotheses for a Theory of Production in the Context of Industrie 4.0, 11–23.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-12304-2>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universität Dortmund, working paper*, (01).
- Hicks, B. J. Æ. (2007). Lean information management : Understanding and eliminating waste, 27, 233–249.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Ibbitson, A., Smith, R., & In, S. E. (2011). The Lean Information Management Toolkit: Ark Group.
- Jazdi, N. (2014). Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0, *Automation, Quality and Testing, Robotics, 2014 IEEE International Conference*, 1-4.
- Jesse, N., & Dortmund, T. U. (2016). Internet of Things and Big Data – The Disruption of the Value Chain and the Rise of New Software Ecosystems. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 275–282.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.079>
- Jifa, G. (2013). Data, information, knowledge, wisdom and meta-synthesis of wisdom-comment on wisdom global and wisdom cities. *Procedia Computer Science*, 17, 713–719.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.092>
- Juwita, O., & Arifin, F. (2017). Design of information system development strategy based on the conditions of the organization. *Computer Applications and Information Processing Technology (CAIPT), 2017 4th International Conference*, 1-5.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0, *Management of permanent change*, 23-45.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6>
- Kolberg, D., Zühlke, D., Kolberg, D., & Kolberg, D. (2015). Lean automation enabled by Industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4 . 0-based manufacturing systems. *MANUFACTURING LETTERS*, 3, 18–23.  
<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, J., Kao, H., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4 . 0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>

- Liker, J. K. (2004). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman Editora. <https://doi.org/9788536304953>
- Lucke, D., Constantinescu, C., & Westkämper, E. (2008). Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing. In M. Mitsuishi, K. Ueda, & F. Kimura (Eds.), *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier* (pp. 115–118). London: Springer London.
- Martins, F., Martins, F., & Domingos, D. (2017). Modelling IoT behaviour within BPMN Business Processes. *Procedia Computer Science*, 121, 1014–1022. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.131>
- Meyer, V. R. (2007). Measurement uncertainty. *Journal of Chromatography A*, 1158(1–2), 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.02.082>
- Moica, S., Ganzarain, J., Ibarra, D., & Ferencz, P. (2018). Change Made in Shop Floor Management to Transform a Conventional Production System into an “Industry 4.0.” *7th International Conference on Industrial Technology and Management*, 51–56.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.
- Peppard, J., & Ward, J. (2004). Beyond strategic information systems: Towards an IS capability. *Journal of Strategic Information Systems*, 13(2), 167–194. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2004.02.002>
- Petrasch, R., & Hentschke, R. (2016). Cloud Storage Hub : Data Management for IoT and industry 4.0 applications: Towards a Consistent Enterprise Information Management System, *Management and Innovation Technology International Conference (MITicon)*, 108–111.
- Pomffyová, M., & Bartková, L. (2016). Take Advantage of Information Systems to Increase Competitiveness in SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 220, 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.508>
- Rai, Patnayakuni, & Seth. (2006). Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. *MIS Quarterly*, 30(2), 225. <https://doi.org/10.2307/25148729>
- Rainer, R. K., & Cegielski, C. G. (2010). Ethics, privacy, and information security. *Introduction to information systems: Supporting and transforming business*, 3rd ed, 70–121). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: Representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, 33(2), 163–180. <https://doi.org/10.1177/0165551506070706>
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2004). *The Unified Modeling Language Reference Manual*. Addison Wesley.

- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4 . 0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811–833.
- Santos, M. Y., Oliveira, J., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4 . 0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750–760.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.07.012>
- Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X. H., & de Castro, R. (2017). How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies? *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 260–272.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.10.005>
- Serna, E., Bachiller, O., & Serna, A. (2017). International Journal of Information Management Knowledge meaning and management in requirements engineering. *International Journal of Information Management*, 37(3), 155–161.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.01.005>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, 25(4), 785-805.
- Shelly, G. B., & Roseblatt, H. J. (2012). *System Analysis and Design, 9th Edition. Shelly Cashman Series*.
- Sishi, M. N., & Telukdarie, A. (2017). Implementation of industry 4.0 technologies in the mining industry: A case study. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2017 IEEE International Conference*, 201-205.
- Sommer, L. (2015). Industrial Revolution - Industry 4 . 0 : Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution ?, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512–1532.
- Srinivasarao, A. L. N. (2016). Recreating Value in Supply Chain by Supplier Development Program - A Case Study Approach, 18(1), 18–21.  
<https://doi.org/10.9790/487X-18111821>
- Stair, R., & Reynolds, G. (2012). *Fundamentals of Information Systems*. Cengage Learning.  
<https://doi.org/0-495-91356-1>
- Torbjorn, N. (2015). Industry 4.0: Where does it leave lean ?, 22–23.
- Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4 . 0 : A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

# Webgrafia

Robert Bosch GmbH, Bosch em Portugal. Disponível em:  
[http://www.bosch.pt/pt/pt/startpage\\_10/country-landingpage.php](http://www.bosch.pt/pt/pt/startpage_10/country-landingpage.php). [Acedido a 15 de fevereiro de 2018].

Robert Bosch GmbH, Aveiro (AvP). Página online interna. [Acedido a 15 de fevereiro de 2018].

Melhoria Contínua na Bosch. Página online interna. [Acedido a 15 de fevereiro de 2018].



# Anexos

Anexo A: Exemplos de tabelas Excel exportadas das respectivas fontes de informação antes do processamento.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	DATA	SECCAO	POSTO	TURN	CODIGO	SumOfQTD_ENS	QUANT_TTF	COD_PEC	COMP_TTF	ttfc DESCRICAO
1	20180102	871	C1K	2	7701331692	16	1	8738701241	0421	Automático de gás
2	20180102	871	C3P	2	7701331615	16	1	8707021606	0421	Automático de gás
3	20180102	871	C3P	2	7701331615	16	1	8707021606	0421	Automático de gás
4	20180102	872	L5C	1	7701311044	40	1	8738711667	0700	Componentes electricos e electronicos diversos
5	20180102	872	L5C	1	7702311056	40	1	8738711667	0706	Placa electronica (outros)
6	20180102	877	CFP	2	7736503029	30	1	8738703460	0301	Câmara de combustão
7	20180103	871	C1B	3	7701331607	16	1	8707021769	0701	Caixa de comando electronica
8	20180103	871	C1B	1	7736502957	16	1	8738717569	0301	Câmara de combustão
9	20180103	871	C1H	3	7701231972	16	1	8707021406	0421	Automático de gás
10	20180103	871	C1K	2	7701331692	32	1	8738701241	0421	Automático de gás
11	20180103	871	C1K	2	7701331692	32	1	8738701241	0421	Automático de gás
12	20180103	871	C1K	1	7701431027	16	1	8738701244	0421	Automático de gás
13	20180103	871	C1K	1	7702331693	16	1	8738701243	0421	Automático de gás
14	20180103	871	C3C	1	7703431705	16	1	8738701684	0241	Válvula de gás
15	20180103	871	ECO	1	7733500018	18	1	8731500198	0241	Válvula de gás
16	20180103	871	ECO	1	7733500018	16	1	8731500198	0421	Automático de gás
17	20180103	871	ECO	1	7733500018	16	1	8731500198	0421	Automático de gás
18	20180103	871	ECO	1	7733500018	16	1	8731500225	0386	HDG - Hidrogerador
19	20180103	871	ECO	2	7733500021	16	1	8731500225	0200	Diversos no circuito de água
20	20180104	871	C1B	2	7701431030	16	1	8707011914	0421	Automático de gás
21	20180104	871	C1B	1	7736502957	16	1	8738717569	0301	Câmara de combustão
22	20180104	871	C1B	1	7736502957	16	1	8738717569	0301	Câmara de combustão
23	20180104	871	C1K	2	7701331691	16	1	8707021785	0421	Automático de gás
24	20180104	871	C1K	1	7701431598	16	1	8708205289	0331	Automático de água
25	20180104	871	C3C	1	7703331711	16	1	8707207179	0700	Componentes electricos e electronicos diversos
26	20180104	871	C3C	1	7703431705	16	1	8707207179	0700	Componentes electricos e electronicos diversos
27	20180104	871	C3P	1	7736501358	18	1	8738703694	0421	Automático de gás
28	20180104	871	C3P	1	7736501884	16	1	8738704895	0421	Automático de gás
29	20180104	871	C3P	1	7736502102	16	1	8738704895	0421	Automático de gás
30	20180104	871	C3P	1	7736502102	16	1	8738704895	0421	Automático de gás
31	20180104	871	LAM	2	7733500031	16	1	8731501160	0421	Automático de gás
32	20180104	871	LAM	2	7733500031	16	1	8731501160	0421	Automático de gás

Data	Horas produtivas	Horas trabalhadas	Horas Trabalhadas	Nº de horas extras	Banco de Horas	Horas Trocas	Horas Picagens	VT/NVT	Direto/Indireto	Mail Id Status	Observações Trocas	Modificado em	Horas
01/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
02/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
02/05/2018	0,00	7,5000	7,38	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
03/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
03/05/2018	0,00	7,5000	7,35	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
04/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
04/05/2018	0,00	7,5000	8,05	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
05/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
05/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
06/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
06/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
07/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
07/05/2018	0,00	7,5000	7,33	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
08/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
08/05/2018	0,00	7,5000	7,88	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
09/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
09/05/2018	0,00	7,5000	7,88	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
10/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
10/05/2018	0,00	7,5000	7,33	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
11/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
11/05/2018	0,00	7,5000	7,37	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
12/05/2018	4,00	0,0000	0,00	4,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
12/05/2018	0,00	0,0000	4,33	4,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
13/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
13/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
14/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
14/05/2018	0,00	7,5000	7,35	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
15/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
15/05/2018	0,00	7,5000	7,30	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
16/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
16/05/2018	0,00	7,5000	7,35	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
17/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
17/05/2018	0,00	7,5000	7,87	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
18/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
18/05/2018	0,00	7,5000	8,00	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
19/05/2018	5,00	0,0000	0,00	0,00	5,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
19/05/2018	0,00	0,0000	5,63	0,00	5,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
20/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
20/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
01/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
02/05/2018	7,50	7,5000	8,02	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
03/05/2018	1,50	7,5000	8,00	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
04/05/2018	7,50	7,5000	8,12	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
05/05/2018	7,00	0,0000	7,27	7,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
06/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
07/05/2018	1,50	7,5000	7,85	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
08/05/2018	8,35	7,5000	9,23	1,50	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
09/05/2018	7,50	7,5000	8,10	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
10/05/2018	7,50	7,5000	8,32	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
11/05/2018	7,50	7,5000	8,15	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
12/05/2018	7,00	0,0000	7,12	7,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
13/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
14/05/2018	1,50	7,5000	8,08	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
15/05/2018	7,50	7,5000	8,08	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
16/05/2018	7,50	7,5000	8,10	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
17/05/2018	7,50	7,5000	7,35	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
18/05/2018	7,50	7,5000	7,38	0,00	0,00	0,00	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
19/05/2018	7,00	0,0000	7,43	7,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
20/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
01/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
02/05/2018	1,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
02/05/2018	0,25	7,5000	7,78	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
03/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
03/05/2018	0,25	7,5000	7,78	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
04/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
04/05/2018	0,25	7,5000	7,78	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
05/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
05/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
06/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
06/05/2018	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	-7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
07/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
07/05/2018	0,00	7,5000	7,80	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
08/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58
08/05/2018	0,00	7,5000	7,78	0,00	0,00	-7,50	7,50	VT	Direto	Mail Id maintained			00:00:00
09/05/2018	7,50	0,0000	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	VT	Direto	Mail Id not maintained	VT adicional - embalar e desembalar camaras	17/05/2018	18:13:58

Descrição	NºMaterial	Quantidade	RCtrP	X	XY	T
8700205248	7-709-003-599	352	870		1,021 UNI	0,0176000
8703404127	7-709-003-599	352	870		28,864 UNI	0,4810667
8710503028	7-709-003-599	352	870		44,704 UNI	0,7450667
8700205269	7-709-003-599	352	870		1,021 UNI	0,0176000
8717401029	7-709-003-599	352	870		24,288 UNI	0,4048000
8738705151	7-709-003-599	352	870		1,021 UNI	0,0176000
8700205294	7-709-003-599	352	870		1,021 UNI	0,0176000
8700205256	7-709-003-599	352	870		0,176 UNI	0,0058667
8700306143	7-709-003-599	352	870		24,392 UNI	0,4165333
8705500103	7-709-003-599	352	870		78,144 UNI	1,3024000
8705500104	7-709-003-599	352	870		18,656 UNI	0,3152000
8738714546	7-709-003-599	352	870		24,640 UNI	0,4106667
8738714547	7-709-003-599	352	870		24,640 UNI	0,4106667
8738709532	7-709-003-599	352	870		24,640 UNI	0,4106667
8738722142	7-709-003-599	352	870		619,520 UNI	10,3253333
8738722136	7-709-003-599	352	870		193,040 UNI	3,0506667
8708104093	7-709-003-599	2 112	870		120,384 UNI	2,0064000
8708003088	7-709-003-599	352	870		8,342 UNI	0,1408000
8708003094	7-709-003-599	352	870		6,406 UNI	0,1056000
8718104013	7-709-003-599	2 112	870		46,464 UNI	0,7744000
8708104115	7-709-003-599	2 112	870		19,642 UNI	0,3168000
8708104094	7-709-003-599	2 112	870		26,400 UNI	0,4576000
8708120005	7-709-003-599	352	870		123,904 UNI	2,0650667
8708104093	7-709-003-599	2 112	870		120,384 UNI	2,0064000
8708003088	7-709-003-599	352	870		8,342 UNI	0,1408000
8708003094	7-709-003-599	352	870		6,406 UNI	0,1056000
8718104013	7-709-003-599	2 112	870		46,464 UNI	0,7744000
8708104115	7-709-003-599	2 112	870		19,642 UNI	0,3168000
8708104094	7-709-003-599	2 112	870		26,400 UNI	0,4576000
8708120006	7-709-003-599	352	870		123,904 UNI	2,0650667
8705402183	7-709-003-599	352	870		36,960 UNI	0,6180000
8708007157	7-709-003-599	352	870		11,053 UNI	0,1818667
8700707369	7-709-003-599	352	870		37,664 UNI	0,6277333
8700707366	7-709-003-599	352	870		30,624 UNI	0,5104000
8738705258	7-709-003-599	352	870		33,792 UNI	0,5632000
8705406359	7-709-003-599	352	870		104,192 UNI	1,7365333
8738700213	7-709-003-599	704	870		135,168 UNI	2,2528000
8738704354	7-709-003-599	704	870		4,787 UNI	0,0821333
8738700214	7-709-003-599	704	870		28,371 UNI	0,4633333
8700706056	7-709-003-599	352	870		68,932 UNI	1,1438667
8700706057	7-709-003-599	352	870		29,320 UNI	0,4986667
8700715401	7-709-003-599	704	870		20,346 UNI	0,3402667
8700705430	7-709-003-599	352	870		0,386 UNI	0,0176000
8700715041	7-709-003-599	352	870		1,338 UNI	0,0234667
8738721523	7-709-003-599	1 056	870		11,405 UNI	0,1936000
8738701725	7-709-003-599	352	870		4,787 UNI	0,0821333
8738720968	7-709-003-599	21 472	870		55,827 UNI	1,0736000
8738706623	7-709-003-599	352	870		556,160 UNI	9,2653333
8738714264	7-709-003-599	352	870		0,070 UNI	0,0000000
8738706622	7-709-003-599	352	870		665,280 UNI	11,0880000
8705502067	7-709-003-599	352	870		31,328 UNI	0,5221333
8700715063	7-709-003-599	352	870		32,384 UNI	0,5397333
8700705969	7-709-003-599	352	870		35,744 UNI	1,5957333
8701304215	7-709-003-599	352	870		12,813 UNI	0,2112000
8700715038	7-709-003-599	352	870		309,760 UNI	5,1626667
8700205136	7-709-003-599	704	870		0,453 UNI	0,0117333
8705103239	7-709-003-599	352	870		74,624 UNI	1,2437333
8708500264	7-709-003-599	352	870		168,960 UNI	2,8160000
8700103773	7-709-003-599	352	870		0,352 UNI	0,0058667
8700205262	7-709-003-599	352	870		0,176 UNI	0,0058667
8700205308	7-709-003-599	352	870		0,176 UNI	0,0058667
8703101057	7-709-003-599	352	870		51,392 UNI	0,8565333
8700205306	7-709-003-599	352	870		0,176 UNI	0,0058667
8708501236	7-709-003-599	352	870		23,584 UNI	0,3930667

Anexo B: Interfaces da Base de Dados desenvolvida.

Ordem	Centro de cu	SomaDeHor	01/02/2018	02/02/2018	03/02/2018	04/02/2018	05/02/2018	06/02/2018	07/02/2018	08/02/2018
1 822		1468.89	60	59.97	47.93	54.8	60.82	59.92	62.25	59.93
2 831		3437.38	178	177.98	43	49.98	178.95	176.06	176.5	185.47
3 841		1351.96	75	75	0	0	67.5	67.5	75	67.5
4 842		10863.89	494.7	486.84	295.07	241.42	511.53	504.33	506.5	539.48
5 843		4509.69	181	201.46	106	69	228.98	239	225.48	249.86
6 851		9142.73	405	405	247.35	270.23	361	372	403.55	440
7 852		4318.87	202.5	179.02	60	98.16	209.03	202.48	227	240
8 853		5477.9	249	253.5	118	47.98	247.47	251.5	246.55	248.8
9 854		1878.82	97.5	90	14.5	25.3	90.5	90	90	100.73
10 855		4900.87	228	227.22	122.95	96.27	223.87	223.95	217.45	241.96
11 856		1314.87	38.5	38.5	40	0	52.5	54.5	59.5	82
12 857		1310.62	47	47	56	0	60	60	66.53	83
13 858		827.27	70.4	69.5	28	14	37.5	38.5	44	37.5
14 859		1133.1	60	52.5	23.97	24	52.5	52.5	52.5	52.5
15 861		90.98	22.5	22.5	17	28.98				
16 865		725.8	45	45	0	0	45	45	45	45
17 866		1579.74	105.95	106	0	0	97.98	100	98	97.55
18 867		542.19	37.5	37.5	14	0	37.5	37.5	37.5	37.5
19 870		1327.87	59.98	59.98	7	28	59.98	60	55	72.46
20 871		11215.21	568	552.97	295	238.48	553	537.18	530.5	567.84
21 872		6291.26	372	378	19.48	0	376.12	376.03	313.6	372
22 873		1381.12	91	91	0	0	90	90	90	90
23 874		595.09	25.5	0	0	0	38.97	45	45	45

Centro de cu	Eficiência VT	Nome_Area
822	182.65% MOE 2 -	Conformação Chapa
831	83.78% MOE 2 -	Conformação Chapa
841	154.42% MOE 2 -	Conformação Chapa
842	124.55% MOE 3 -	Cobre, Solar e Heat Pun
843	138.87% MOE 3 -	Cobre, Solar e Heat Pun
851	88.28% MOE 1 -	Comfort
852	96.64% MOE 1 -	Comfort
853	84.77% MOE 2 -	Conformação Chapa
854	90.28% MOE 1 -	Comfort
855	112.69% MOE 1 -	Comfort
856	84.33% MOE 4 -	High Output e Caldeiras
857	106.72% MOE 4 -	High Output e Caldeiras
858	125.14% MOE 4 -	High Output e Caldeiras
859	105.46% MOE 2 -	Conformação Chapa
861		MOE 3 - Cobre, Solar e Heat Pun
865	64.60% EWI	
866	109.85% EWI	
867	71.89% EWI	
870	83.08% MOE 1 -	Comfort
871	98.16% MOE 1 -	Comfort
872	66.51% MOE 4 -	High Output e Caldeiras
873	88.57% MOE 4 -	High Output e Caldeiras
874	78.45% Heat Pumps	

Ordem	Centro de cu	Centro de cu	Value Stream	Nome_Secção	Nome_Área
1 837213	213		Elétrico	Formação VS Elettrico	
2 837214	214		Gás	Training VS Gás	
3 837271	271		Gás	LOG3 - Fluxo Materiais (diretos) SG&A	
4 837272	272		Gás	LOG3- Recepção e Armazém	
5 837273	273		Gás	LOG3- Armazém Ovar	
6 837291	291		Gás	Logística Interna , Recolha de Resíduos	
7 837321	321		Gás	QMM-Qualidade	
8 837345	345		Gás	Manutenção	
9 837346	346		Gás	MAZE	
10 837402	402		Elétrico	MFV QMM/TEF	
11 837405	405		Elétrico	MFV LOG-Int	
12 837811	811		Gás	Retrabalho VS Gas/PRO	
13 837813	813		Gás	MOE5 Montagem Direto	
14 837815	815		Gás	MOE6 Produção Direto	
15 837822	822		Gás	Prensas	MOE 2 - Conformação Chapa
16 837831	831		Gás	Pintura	MOE 2 - Conformação Chapa
17 837841	841		Gás	Tubos de Gas	MOE 2 - Conformação Chapa
18 837842	842		Gás	Camaras Comb	MOE 3 - Cobre, Solar e Heat Pum
19 837843	843		Gás	Tubos	MOE 3 - Cobre, Solar e Heat Pum
20 837851	851		Gás	Aut. Gás	MOE 1 - Comfort
21 837852	852		Gás	Aut. Água	MOE 1 - Comfort
22 837853	853		Gás	Mont Queimador	MOE 2 - Conformação Chapa
23 837854	854		Gás	Kits e acessórios	MOE 1 - Comfort

Defeitos	Total	CDI	Célula 1	Célula 10	Célula 3	Célula 5	GZT	Linha 8
Automático de água	3		1		1	1		
Automático de gás	47		18		27	2		
Bomba de circulação	1						1	
Caixa de comando electronica	4		1		2			1
Caixa estanque	1			1				
Câmara de combustão	11		8	1	2			
Componentes electricos e electronicos diversos	10		1		5	2		2
Diversos no circuito de água	7	2			4		1	
Fluxostato	1				1			
HDG - Hidrogerador	1				1			
Peça de ligação (cachimbo)	3				3			
Placa electronica (outros)	2					2		
Pressostato	3					3		
Queimador	6		1		2		3	
Tampa de água	1				1			
Válvula de gás	18	1	5		5	7		
ventilador	1					1		